



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Miguel Ângelo Vilarinho Filipe

Impressão 3D: Domínios de aplicação na Marinha Portuguesa

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais,
na especialidade de Administração Naval



Alfeite

2018



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Miguel Ângelo Vilarinho Filipe

Impressão 3D: Domínios de Aplicação na Marinha Portuguesa

**Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na
especialidade de Administração Naval**

Orientação de: Capitão-de-fragata AN Nuno Miguel Costa Gaspar Duarte Ramos

O Aluno Mestrando

O Orientador

Miguel Ângelo Vilarinho Filipe

Nuno Miguel Costa Gaspar Duarte Ramos

Alfeite

2018

*“O verdadeiro valor das coisas é o
esforço e o problema de as adquirir”*

Adam Smith

Agradecimentos

Este espaço é dedicado a todas as pessoas que me apoiaram, diretamente ou indiretamente no cumprimento de mais uma etapa da minha vida, pois, sem elas, não era possível ter realizado esta dissertação de mestrado.

Ao meu orientador, Capitão-de-fragata AN Duarte Ramos, pela permanente motivação e orientação para enfrentar este desafio. As suas sugestões e recomendações foram fulcrais para o desenvolvimento do tema.

Ao Capitão-de-mar-e-guerra Costa e Sousa, ao Engenheiro EN-AEL Bulcão Sarmento, ao Capitão-de-fragata AN Anacleto do Carmo e ao Capitão-de-fragata AN Teodoro Semide pela disponibilidade para as entrevistas, tal como conhecimentos e sugestões transmitidas que me permitiram desenvolver este trabalho com uma visão mais aprofundada da Marinha.

Aos meus camaradas e amigos, por me acompanharem neste percurso e por todos os momentos e experiências compartilhadas.

À minha família, em especial aos meus pais e irmão, por todo o apoio e confiança que desde sempre me transmitiram, por sempre acreditarem em mim e pela força que me dão, mesmo que por vezes estejam a milhas de distância.

À Verónica, um especial obrigado por toda a compreensão demonstrada, pela confiança, motivação, força e apoio durante todo este percurso.

Resumo e palavras-chave

As restrições financeiras impostas ao Setor Público geram dificuldades ao cumprimento das missões da Marinha que, devido ao seu elevado valor e especificidade, já possuem por natureza, dificuldades acrescidas. Deste modo, a introdução de impressoras 3D nas cadeias de abastecimento, pode colmatar algumas complicações inerentes ao processo da manutenção dos meios existentes.

A presente dissertação tem como objetivo compreender de que forma poderá ser implementada a impressão 3D na Marinha e, concorrendo para este objetivo, compreender como é que pode adotá-la e quais os seus impactos na organização.

Assim para a sua execução, primeiramente esta dissertação explica o que é a impressão 3D, como foi desenvolvida, o seu estado atual e perspectivas futuras para esta tecnologia. De seguida, é demonstrado qual o caminho que a Marinha deverá seguir para adotar esta tecnologia.

Seguidamente são estudados os impactos que a impressão 3D poderá trazer nas atividades estrategicamente relevantes da organização, sendo para este efeito, utilizada a Cadeia de Valor de Porter, tendo como objetivo a alteração com um baixo impacto nos produtos e, com um elevado impacto nas cadeias de abastecimento. Estes impactos vão variar dependendo do tipo de adoção que a organização implementar, para este efeito foram considerados três tipos de produção: centralizada, descentralizada e *outsourcing*, tendo sido realizado um *framework* de adoção que define os passos essenciais de modo a adotar, correta e ponderadamente, a produção aditiva na Marinha.

A impressão 3D tem a possibilidade de revolucionar as cadeias de abastecimento e, faz parte da logística do presente, a Marinha pode explorar esta tecnologia de modo a conseguir retirar benefícios próprios e a melhorar a sua organização. Este *framework* permite a boa adoção da tecnologia e, a construção de uma Marinha do futuro, pronta e capaz para as necessidades do presente.

Palavras-chave: Impressão 3D, Cadeias de abastecimento, Marinha, Cadeia de valor.

Abstract

The financial constraints imposed on the Public Sector create difficulties for the fulfillment of Navy missions, which, due to their high value and specificity, are already inherently more difficult. In this way, the introduction of 3D printers in the supply chains, can fill some complications inherent to the process of maintaining the existing means.

The purpose of this dissertation is to understand how 3D printing can be implemented in the Navy and, concurring for this purpose, to understand how it can be adopted and its impacts on the organization.

So for its execution, this dissertation first explains what 3D printing is, how it was developed, its current state and future prospects for this technology. Next, it demonstrates the way that the Navy should follow to adopt this technology.

Next, the impacts that 3D printing can bring to the strategically relevant activities of the organization are studied, and for this purpose the Porter Value Chain is used, aiming at the change with a low impact on the products and with a high impact on the supply chains. These impacts will vary depending on the type of adoption that the organization implements. For this purpose, three types of production were considered: centralized, decentralized and outsourcing, and an adoption framework was defined that defines the essential steps to adopt, correctly and thoughtfully, additive production in the Navy.

3D printing has the potential to revolutionize supply chains and, as part of today's logistics, the Navy can tap into this technology to take advantage of its own benefits and improve its organization. This framework allows the good adoption of technology and the construction of a Navy of the future, ready and capable of the needs of the present.

Keywords: 3D printing, Supply chains, Navy, Value chain.

Índice

Introdução	1
1. Estado da arte	1
1.1 Impressão 3D	1
1.1.1 O que é a impressão 3D	1
1.1.2 Métodos de impressão 3D	4
1.1.3 Áreas de aplicação e vantagens	13
1.1.4 Constrangimentos da aplicação de impressoras 3D	17
1.1.5 Atualidade da impressão 3D	18
1.1.6 Futuro da impressão 3D	22
2. Desenvolvimento	25
2.1 Impressão 3D na Defesa: Caso de estudo do <i>Department of Defense</i>	26
2.1.1 Impressão 3D na marinha americana	28
2.2 Impressão 3D na Marinha	30
2.2.1 Caminhos a seguir e valor	30
2.2.2 Tipos de obtenção	34
2.2.3 Síntese conclusiva	39
2.3 Impacto da impressão 3D na Marinha	40
2.3.1 Análise de impactos por tipo de obtenção	40
2.3.2 Síntese conclusiva	52
2.4 Implementação da impressão 3D pela Marinha Portuguesa	52
2.4.1 Os passos do <i>framework</i>	53
2.4.2 Síntese conclusiva	63
3. Conclusão	64
4. Bibliografia	75
5. Anexos	85

Índice de Figuras

Figura 1: Fluxo de processos da produção aditiva.....	3
Figura 2: Passos para a impressão 3D.	3
Figura 3: Binder jetting process.....	5
Figura 4: Directed Energy Deposition Process.....	6
Figura 5: Material extrusion process.....	7
Figura 6: Material jetting process.	8
Figura 7: Powder bed fusion process.	9
Figura 8: Sheet lamination process.....	10
Figura 9: Vat photopolymerization process.	11
Figura 10: Desafios da impressão 3D.....	18
Figura 11: Gartner's 2017 3D printing Hype Cycle.....	19
Figura 12: Visões da impressão 3D para os serviços pertencentes ao DoD.	27
Figura 13: Visão e objetivos do <i>Navy Addictive Manufacturing Plan</i>	29
Figura 14: <i>Framework</i> de compreensão dos caminhos da Impressão 3D e valor.	32
Figura 15: Motivações para a utilização de produção aditiva.....	33
Figura 16: Tipos de obtenção de peças através de impressão 3D.....	35
Figura 17: Atingir consciencialização organizacional.	54
Figura 18: Estabelecer uma iniciativa.....	55
Figura 19: Analisar produtos e capacidades da organização.	57
Figura 20: Quadro de referência de transformação para impressão 3D.....	59
Figura 21: Realizar projeto piloto.....	61
Figura 22: Modificar a organização.....	61
Figura 23: Implementar a tecnologia.	62
Figura 24: Cadeia de valor.	86

Índice de Tabelas

Tabela 1: Tipos de impressão 3D.....	12
Tabela 2: Vantagens da impressão 3D sobre a produção tradicional.	13
Tabela 3: Resumo e impactos das atividades de suporte.	47
Tabela 4: Resumo e impactos das atividades primárias.	51
Tabela 5: Resumo de vantagens e desvantagens por tipo de obtenção.	85

Lista de Abreviaturas e Acrónimos

3D	Três Dimensões
ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>
BCA	<i>Business Case Analysis</i>
BJ	<i>Binder Jetting</i>
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
DA	Direção de Abastecimento
DED	<i>Directed Energy Deposition</i>
DoD	<i>Department of Defense</i>
DOT	Divisão Operacional e Técnica
EUA	Estados Unidos da América
EY	<i>Ernst & Young</i>
FABLAB	<i>Fabrication Laboratory</i>
FDM	<i>Fused Deposition Modelling</i>
GE	<i>General Electric</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
ME	<i>Material Extrusion</i>
MJ	<i>Material Jetting</i>
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
PBF	<i>Powder Bed Fusion</i>
PD	Pergunta Derivada
PIB	Produto Interno Bruto
PTF	<i>Print the Fleet</i>
SAN	Serviço de Apoio a Navios
SL	<i>Sheet Lamination</i>
SLS	<i>Selective Laser Sintering</i>
USMC	<i>United States Marine Corps</i>
VP	<i>Vat Photopolymerization</i>

Introdução

As restrições impostas ao setor público devido à crise financeira e diminuição de recursos disponíveis ou pela própria necessidade de cumprimento legal da contratação pública geram obstáculos à eficiência, eficácia e economia da Administração Pública.

A Marinha pertencendo ao Setor Público Administrativo, como serviço integrado e com autonomia administrativa, não está alheia a esta situação. Para o cumprimento das missões que lhe estão cometidas por lei, necessita de manter os seus meios prontos e, tendo em consideração o seu elevado valor e especificidade, por vezes existe dificuldade na manutenção da sua operacionalidade.

A impressão 3D é uma tecnologia revolucionadora na forma de como os produtos podem ser produzidos, construindo as peças de um modo aditivo, camada por camada, esta tecnologia permite efetuar construções seja numa fábrica especializada, ou num local remoto do planeta recorrendo apenas a uma impressora. Este processo produtivo possui bastantes vantagens para as organizações e, pode-se constituir como uma fonte de vantagem competitiva para as mesmas pela criação de novos modelos de negócio ou através da redução de *lead-times*, custos mais reduzidos, produção de peças já não existentes no mercado, entre outros.

Por forma a colmatar as complicações inerentes ao processo da manutenção dos meios, a possível introdução de impressoras 3D nas cadeias de abastecimento poderá ser um aspeto inovador e diferenciador para a Marinha Portuguesa, constituindo-se então como um tema atual e com relevância para a organização.

O Almirante Chefe do Estado-Maior da Armada identifica, na Diretiva Estratégica da Marinha de 2018, a reflexão como sendo um fator de sucesso para alcançar os objetivos propostos, este identifica a abertura dos espíritos à inovação, para identificar respostas mais eficazes e eficientes para os desafios futuros. Este fator mostra uma abertura da organização na adoção de tecnologias que se mostrem inovadoras e, que permitam uma melhoria dos processos organizacionais, deste modo, a impressão 3D apresenta-se como uma tecnologia potencializadora das capacidades da Marinha.

A presente dissertação tem como objetivo desenhar os passos principais para orientar a adoção da impressão 3D na Marinha, criando assim o rumo a seguir de modo a atingir a boa adoção desta tecnologia. Sendo um estudo pertencente à área logística com o objetivo descrito anteriormente, apenas irá incidir sobre o atingir da consciencialização organizacional e estabelecimento de uma iniciativa, verificando o estado da tecnologia tal como a sua história e futuro, tal como uma transposição dos impactos para a organização, não incidindo sobre análises técnicas sobre os processos produtivos, produtos ou aspetos de similar índole.

A presente dissertação utiliza a metodologia apresentada por Quivy & Campenhoudt (2013), seguindo o método hipotético-dedutivo, produzindo um modelo teórico como possível resposta à pergunta de partida. Com esta base, foi criada a seguinte pergunta de partida: “De que forma a Marinha pode implementar a Impressão 3D?”. Concorrentes para a compreensão da pergunta de partida, foram formuladas também as seguintes perguntas derivadas: “De que forma a Marinha pode adotar a Impressão 3D?” e, “Quais são os impactos que a Impressão 3D pode trazer para a Marinha?”, sendo estas as perguntas derivadas 1 e 2, respetivamente.

De modo a formular uma resposta à pergunta de partida, esta dissertação contém um estado da arte que apresenta a história da impressão 3D tal como o seu estado atual, um desenvolvimento constituído por quatro partes e, a conclusão, que inclui sugestões para trabalhos futuros.

O desenvolvimento possui uma primeira parte de estudo da impressão 3D na marinha americana, de modo a estudar esta tecnologia numa organização congénere. A segunda formula uma possível resposta à pergunta derivada 1, estudando a impressão 3D na Marinha, abordando os caminhos a seguir de modo a atingir os objetivos pretendidos e, os tipos de obtenção aplicáveis à organização. A terceira parte visa analisar o impacto da impressão 3D na Marinha, respondendo assim à pergunta derivada 2, utilizando para isto, a Cadeia de Valor de Porter e, analisando, atividade a atividade, os impactos que daí poderão advir. Por fim, na quarta parte, implementação da impressão 3D na Marinha, responder-se-á à pergunta de partida, construindo, para isso, um *framework* para a sua implementação.

1. Estado da arte

1.1 Impressão 3D

Este trabalho de investigação versa sobre o impacto que a produção aditiva/impressão 3D (ambos os termos serão utilizados sem distinção neste trabalho), poderá ter na Marinha. Assim, primeiramente, e por forma a demonstrar a importância e evolução desta temática, será abordado o conceito de impressão 3D, desde o seu surgimento, passando por toda a evolução até à atualidade. Seguidamente, serão clarificadas as diversas aplicações práticas desta tecnologia e, quais as perspetivas futuras no seu desenvolvimento e aplicação.

1.1.1 O que é a impressão 3D

A génese da impressão 3D data a 1984 quando Charles Hull¹, que viria a ser cofundador da empresa *3D Systems*, apresentou a primeira patente² relacionada com esta temática. A patente referida anteriormente, regista o processo produtivo de *stereolithography*, sendo este baseado na estimulação de uma resina que altera as suas propriedades quando sofre influência de luz. Este processo é inserido no método de *Vat Photopolymerization* (VP) que será explicado no subcapítulo 1.1.2.

Apesar de Charles Hull ter apresentado a sua patente em 8 de agosto de 1984, esta não representa a primeira publicação ou invenção realizada neste âmbito, sendo que, em 16 de julho desse mesmo ano, três engenheiros franceses, Alain Le Méhauté, Olivier de Witte e Jean Claude André, registaram no *Institut National de la Propriété Industrielle*, com o número de publicação 2567668, uma patente que incidia também sobre o processo de *stereolithography*. Visto esta ter sido abandonada posteriormente por falta de perspetiva de negócio, é então considerada a patente de Charles como o início da impressão 3D.

¹ Charles W. Hull, nascido a 12 de Maio de 1939, criou a primeira peça feita em impressão 3D no ano de 1983 através do método de *stereolithography*, posteriormente a isto, em 1984, apresentou a sua patente sobre este processo produtivo e, em 1986 cofundou a empresa *3D Systems*, a primeira empresa de produção aditiva no mundo. Charles Possui um bacharelato in *Engineering Physics* pela Universidade do Colorado e *honorary Doctorate in Engineering* pela Universidade de *Loughborough*. Desde 1993, desempenha funções de vice-presidente executivo, *Chief Technical Officer* e diretor desta empresa (Hickey, 2014; Hull, n.d.).

² Patente nº US4575330 A – *Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography*.

Nesta mesma década, em 1986³, foi apresentada por Carl Deckard, uma patente para a tecnologia *Selective laser sintering* (SLS) e, em 1989⁴, Scott Crump, co-fundador da *Stratasys inc.* submeteu uma patente para *Fused deposition modelling* (FDM), dois métodos de produção aditiva que representam, segundo Kuckelhaus & Yee, 83% das tecnologias de impressão 3D utilizadas na atualidade (2016).

Apesar de existirem diversas técnicas, que serão seguidamente descritas, a impressão 3D é definida como o “*Processo de juntar materiais para fazer partes a partir de um modelo 3D, tipicamente camada por camada, invés da produção subtrativa e metodologias de produção formativa*” (ISO/TC 261 & ASTM Committee F42, 2015).

Contrastando com a produção subtrativa, que consiste em remover material de um bloco utilizando brocas ou aparelhos de corte, ou a produção formativa que utiliza moldes em que material liquidificado é injetado ou depositado de modo a produzir o produto final, (Kenney, 2013) a produção aditiva constrói peças a partir de um modelo digital ao depositar a matéria-prima sucessivamente, camada por camada (Tofail et al., 2017).

Considerar apenas esta definição, não leva a uma perceção do fluxo de processos necessários de modo a produzir uma peça, pelo que é necessário compreender melhor os fluxos essenciais para a produção de uma peça utilizando esta tecnologia. Segundo Tofail et al., (2017) a produção aditiva necessita, essencialmente, de quatro componentes:

- O modelo digital, caracterizado na figura seguinte pelo modelo 3D, o ficheiro .stl e, o ficheiro recortado em camadas;
- Materiais, sejam estes metais em pó, plasticos, gesso, cimento, entre outros, que são a matéria-prima a utilizar pela impressora, estes são caracterizados na Figura 1 no sistema de produção aditiva (AM system);
- Uma ferramenta, mais especificamente, a impressora, representado na figura seguinte também pelo sistema de produção aditiva;
- Um sistema de controlo digital, que especifica onde é que a ferramenta (impressora) irá colocar os materiais de modo a construir a forma do objeto.

Deste modo, a Figura 1 discrimina alguns dos passos fundamentais de modo a construir um produto final, tal como referido anteriormente.

³ Patente n° US 4863538 A - *Method and apparatus for producing parts by selective sintering.*

⁴ Patente n° US 5121329 A – *Apparatus and method for creating three-dimensional objects.*



Figura 1: Fluxo de processos da produção aditiva.

Retirado de Coykendall, et al. (2014).

Ao considerar estes passos, é possível então compreender como é a peça efetuada mas, a análise holística da produção não se baseia apenas na componente de manufatura, importando ainda a preparação, o pós-processamento e a certificação, tal como pode ser observado na Figura 2 (DNV GL, 2017).

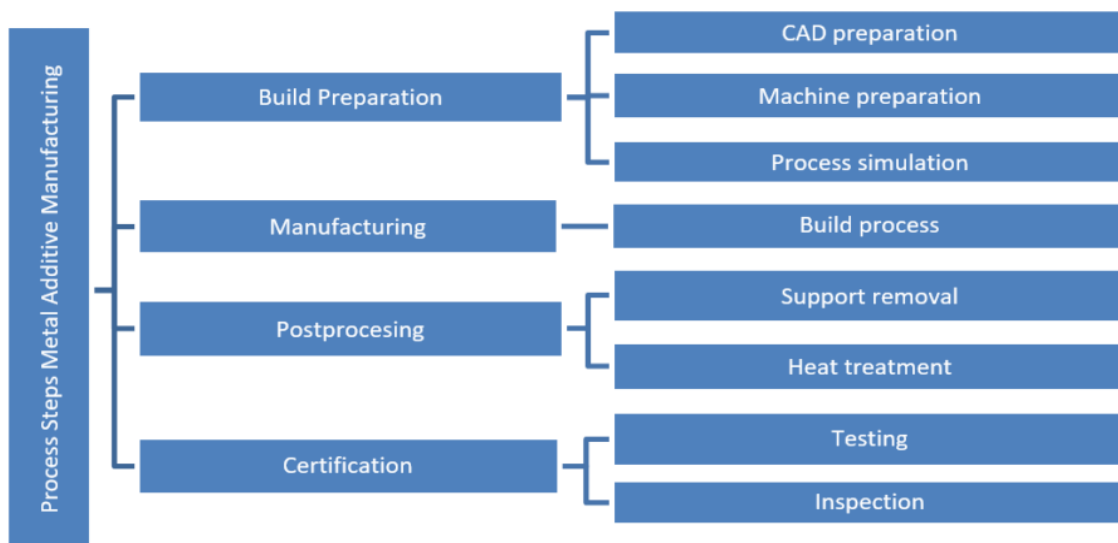


Figura 2: Passos para a impressão 3D.

Retirado de DNV GL (2017).

1.1.2 Métodos de impressão 3D

Como anteriormente referido, este tipo de produção engloba diversas técnicas. Segundo a ISO/ASTM 52900:2015, as categorias utilizadas para agrupar as tecnologias de produção aditiva são: *Binder jetting* (BJ), *Directed energy deposition* (DED), *Material extrusion* (ME), *Material jetting* (MJ), *Powder bed fusion* (PBF), *Sheet lamination* (SL) e VP.

Estas tecnologias serão agora analisadas individualmente de modo a compreender o seu funcionamento, estando no final do capítulo um quadro resumo onde se pode identificar de forma mais condensada as principais vantagens e limitações de cada método de impressão 3D por forma a melhor se compreender a abrangência desta tecnologia.

a) *Binder jetting*

Este processo de impressão utiliza dois materiais, uma matéria-prima em pó e um agente agregador⁵. Este método utiliza agentes agregadores que garantem a aglomeração da camada superior, o que provoca a junção com a camada inferior (Gibson, Rosen, & Stucker, 2015).

O processo é realizado do seguinte modo (Loughborough University, n.d.-a):

1. A matéria-prima é espalhada sobre a plataforma de construção;
2. O agente agregador é espalhado sobre a matéria-prima;
3. A plataforma de construção é baixada e outra camada de pó é colocada por cima, sendo que o objeto é formado onde o pó se une com o agente agregador;
4. O pó não agregado mantém-se na posição onde foi depositado sem estar agregado;
5. O processo é repetido iterativamente até a peça estar completa.

⁵ Agente agregador é um material que consegue juntar as partículas da matéria-prima de modo a manter uma estrutura definida.

Este processo pode ser descrito pela seguinte figura:

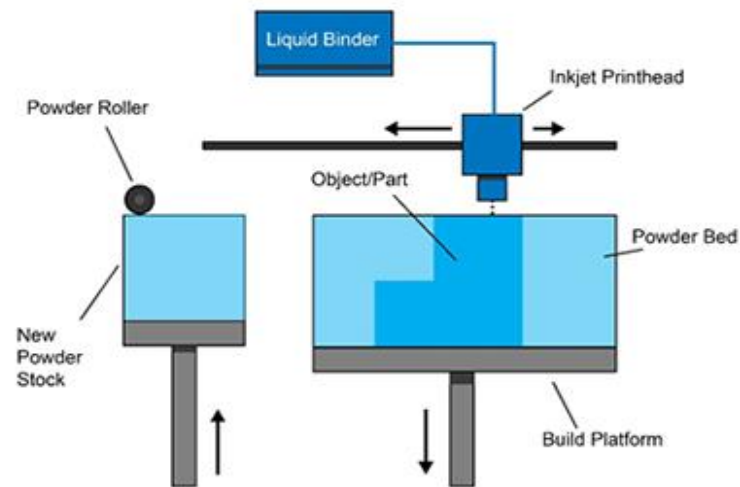


Figura 3: Binder jetting process.⁶

Os exemplos mais comuns de utilização desta tecnologia, são a criação de objetos de decoração e joelheria, tal como protótipos a baixo custo (Sculpteo, n.d.).

b) Directed energy deposition

Este processo depende de uma fonte de energia que funde um filamento metálico ou um pó que é depositado num objeto já existente (Zeng, Xu, Tian, & Qin, 2016).

O processo é realizado do seguinte modo (Loughborough University, n.d.-b):

1. Um braço com diversos eixos move-se em torno de um objeto que está fixo;
2. Os materiais são colocados no objeto fixo, seja o material em filamento ou em pó;
3. Posteriormente, o material é fundido utilizando um laser ou raio de eletrões;
4. Este processo é repetido sucessivamente, camada por camada, criando ou reparando novo material no objeto já existente.

⁶ Retirado de:
<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/binderjetting/>.

Este processo pode ser descrito pela seguinte figura:

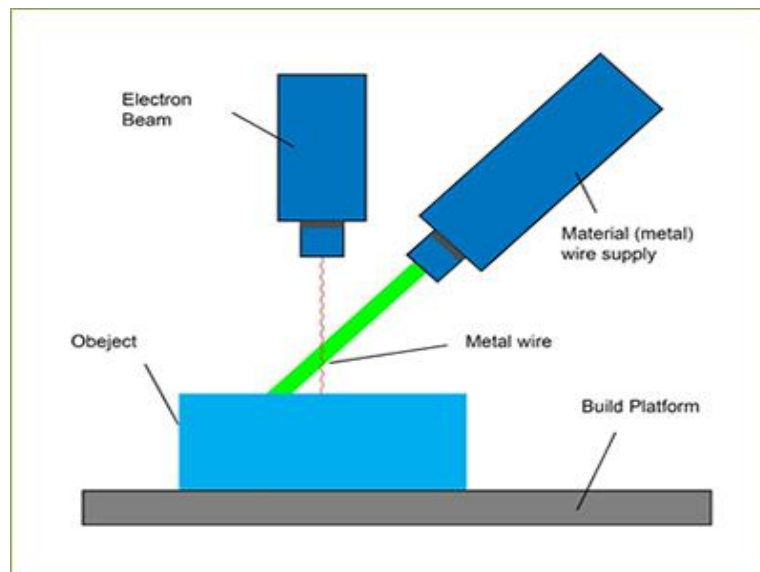


Figura 4: Directed Energy Deposition Process.⁷

As aplicações deste processo englobam diversas áreas, sendo que as duas mais relevantes se enquadram na produção, com criação de peças metálicas como uma ponte criada pela MX3D e, na reparação, por exemplo conseguindo fundir metal em roturas de tubos metálicos (MX3D, n.d.; Thewissen, Karevska, Czok, Pateman-Jones, & Krauss, 2016).

c) Material extrusion

Neste processo de produção aditiva, a matéria-prima é aquecida e derretida numa cabeça de impressão e colocada numa plataforma através de um orifício em que, a plataforma onde se coloca desce e as camadas são colocadas sucessivamente até formar a peça (Aniwa, n.d.).

O processo é realizado do seguinte modo (Loughborough University, n.d.-c):

1. Os materiais, em filamento, são depositados através de um orifício no topo de uma plataforma de construção;
2. Posteriormente a plataforma desce e, as camadas são colocadas umas em cima das outras;
3. As camadas são fundidas após a deposição à medida que o material derretido é colocado em cima da camada anterior.

⁷ Retirado de:
<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/directedenergydeposition/>.

Este processo pode ser descrito pela seguinte figura:

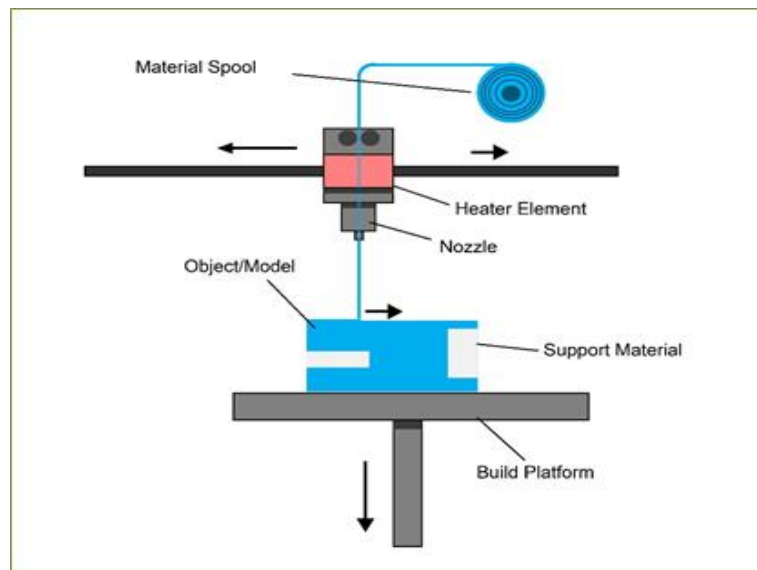


Figura 5: Material extrusion process.⁸

O presente processo apresenta-se como um método rápido e com baixo custo que, permite eficazmente construir protótipos utilizando termoplásticos, deste modo, é muito utilizado por entusiastas da tecnologia e, por profissionais com vista à construção de protótipos (Redwood, n.d.).

d) Material jetting

Este processo deposita polímeros líquidos, em gotas, e material de suporte, caso seja necessário, que posteriormente é sujeito a luz ultravioleta de modo a que este material enrijeça e forme a peça (Gibson et al., 2015).

O processo é realizado do seguinte modo (Loughborough University, n.d.-d):

1. Os materiais, de suporte e da peça, são depositados através de orifícios no topo de uma plataforma de construção;
2. Os materiais depositados são, normalmente, enrijecidos com luz ultravioleta.
3. Posteriormente a plataforma desce e, as camadas são colocadas umas em cima das outras, seja o material de suporte, ou da peça;
4. O processo é repetido até a peça estar formada.

⁸ Retirado de:
<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/materialextrusion/>.

Este processo pode ser descrito pela seguinte figura:

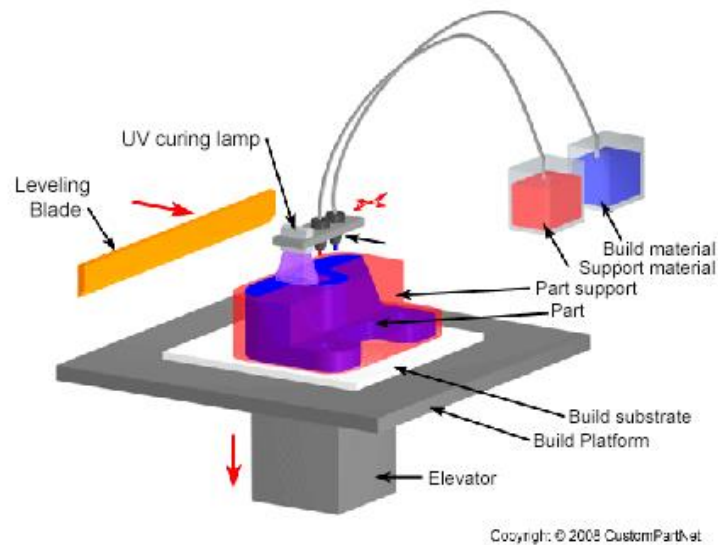


Figura 6: Material jetting process.⁹

O processo de material jetting permite a construção de peças com alta precisão e qualidade, com capacidade de utilizar várias cores, deste modo, é um processo produtivo que é bastante optado pela indústria médica para modelos educacionais e pela indústria automóvel no fabrico de variadas peças como por exemplo painéis de carros, entre muitos outros (Artley, n.d.; Redwood, n.d.).

e) Powder bed fusion

Este processo baseia-se na deposição de camadas de matéria-prima em pó que, sequencialmente são fundidas por uma fonte de energia, resultando, portanto, numa peça sólida inserida numa tina de matéria-prima (Gibson et al., 2015).

O processo é realizado do seguinte modo (Loughborough University, n.d.-e):

1. Uma camada de material em pó, normalmente metal, é depositada sobre a plataforma de construção;
2. Um laser funde a primeira camada da peça;
3. Outra camada de matéria-prima é colocada sobre a primeira;
4. Este processo é repetido até a peça estar concluída.

⁹ Retirado de:
<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/materialjetting/>.

Este processo pode ser descrito pela seguinte figura:

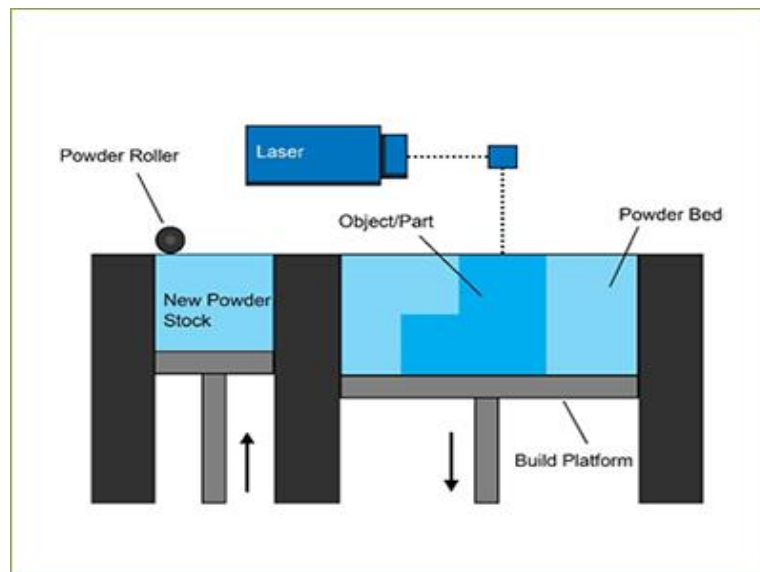


Figura 7: Powder bed fusion process.¹⁰

A utilização deste processo produtivo permite a criação de peças com elevada complexidade, por exemplo injetores de combustível utilizado em motores de aviões, peças com tuneis de arrefecimento não lineares, entre outros (Bhavar et al., 2014).

f) Sheet lamination

Este processo utiliza finas folhas de material, como por exemplo papel ou folhas de alumínio, que são coladas umas às outras e cortadas através de um laser e, posteriormente a camada é coberta com um agente agregador de modo a colar as camadas seguintes para produzir a peça desejada (Aniwaa, n.d.).

O processo é realizado do seguinte modo (Loughborough University, n.d.-f):

1. Uma folha do material a utilizar é colocada sobre a plataforma;
2. Após esse material ser colocado, são colocadas novas folhas sobre a inicial e, estas são agregadas às anteriores utilizando ultrassons no caso de metais, e um agente que agrega as folhas no caso de papel;
3. A forma desejada é cortada da camada utilizando um laser;
4. Este processo é repetido até a peça estar concluída.

¹⁰ Retirado de:
<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/powderbedfusion/>.

Este processo pode ser descrito pela seguinte figura:

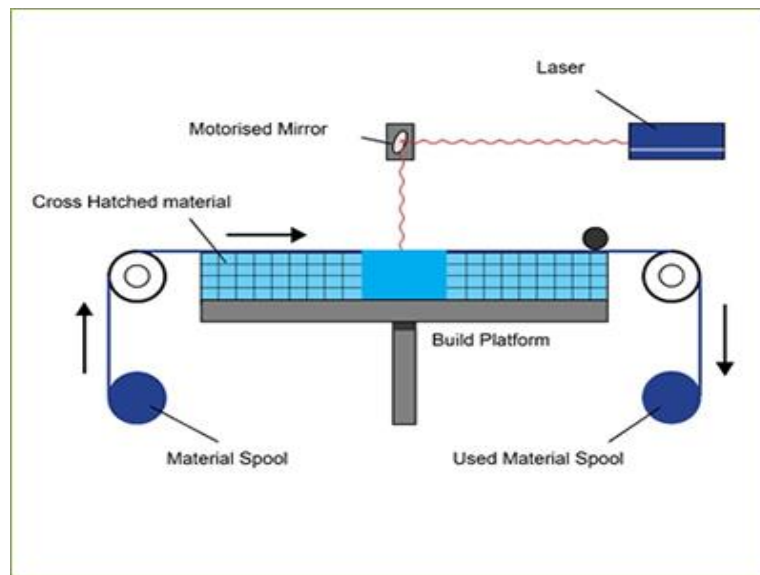


Figura 8: Sheet lamination process.¹¹

Apesar de pouco utilizado, este processo produtivo consegue ser utilizado para a construção de maquetes em grande escala, visto não ser tão limitado em termos de incubadora, nem em limites de tamanho, sendo utilizado então na área da arquitetura (Jermann, 2013; Nikhil, n.d.).

g) Vat Photopolymerization

Este processo utiliza como matéria-prima resinas que podem ser curadas através da incidência da luz. Inicialmente, existe uma cuba de resina que sofre radiação e torna esses materiais sólidos (Gibson et al., 2015).

O processo é realizado do seguinte modo (Loughborough University, n.d.-g):

1. A plataforma de construção é baixada do topo da cuba de resina pela grossura da camada;
2. Luz ultravioleta cura a resina camada por camada, sendo que a plataforma de construção continua a descer e, camadas adicionais são produzidas no topo das anteriores;
3. Após conclusão da peça, a cuba é esvaziada e a peça removida.

¹¹ Retirado de:
<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/sheetlamination/>.

Este processo pode ser descrito pela seguinte figura:

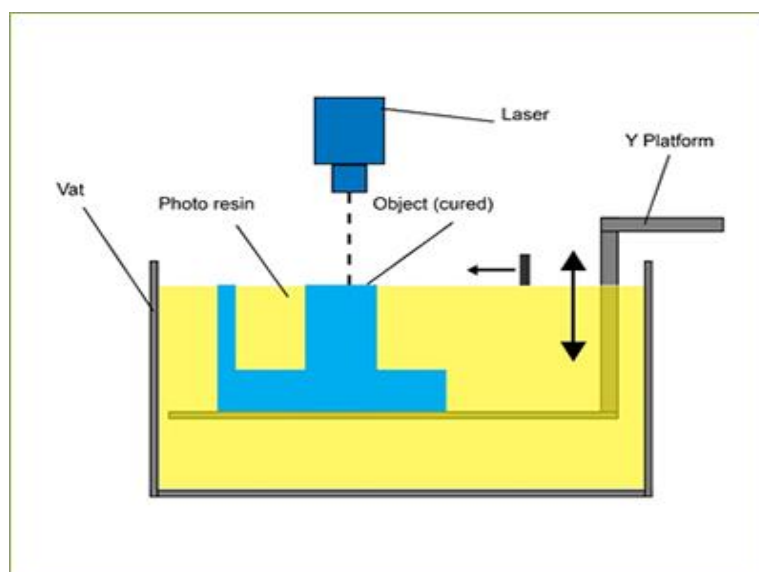


Figura 9: Vat photopolymerization process. ¹²

O presente processo produtivo, possui um excelente detalhe ao produto final, deste modo, é considerado ideal para joelheria e aplicações dentárias e médicas, como por exemplo dentes, moldes dentários ou aparelhos auditivos (Dawood, Marti, Sauret-Jackson, & Darwood, 2015; Redwood, n.d.).

¹² Retirado de:

<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/vatphotopolymerisation/>.

Categoria	Exemplo de tecnologia	Vantagens	Desvantagens
BJ	<ul style="list-style-type: none"> • <i>3D inkjet technology.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Não precisa de suporte; • Rápida velocidade de impressão; • Relativamente baixo custo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peças frágeis com propriedades mecânicas limitadas; • Podem necessitar de pós processamento.
DED	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Laser deposition;</i> • <i>Laser engineered netshaping;</i> • <i>Electron beam.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande qualidade das peças. 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade da superfície e velocidade de produção necessitam de ser balanceadas; • Limitado a metais.
ME	<ul style="list-style-type: none"> • <i>FDM;</i> • <i>Fused layer modelling.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso alargado; • Barato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não consegue facilmente representar detalhes.
MJ	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Direct ink writing.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta precisão de colocação das gotículas; • Reduzido desperdício; • Pode utilizar vários materiais; • Pode utilizar várias cores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Muitas vezes é necessário material de suporte; • Limitado a resinas e polímeros que reagem com a luz.
PBF	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Electron beam melting;</i> • <i>SLS.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Relativamente barato; • Pode ser utilizado com muitos materiais; • O próprio material de construção desempenha a função de suporte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção lenta; • Limitações de tamanho; • Utiliza bastante energia; • Falta de integridade estrutural.
SL	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Laminated object manufacturing;</i> • <i>Ultrasound consolidation.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Rápida velocidade de construção; • Baixo custo; • Facilidade de manusear o material. 	<ul style="list-style-type: none"> • Material a utilizar é limitado; • Pode necessitar de pós processamento; • Dureza e integridade da peça dependem do agente fixador.
VP	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Stereolithography;</i> • <i>Digital light processing.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode construir peças de grandes dimensões; • Excelente qualidade da superfície; • Grande detalhe da peça. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitado a polímeros que reagem com a luz; • Velocidade de produção lenta; • Pobres propriedades mecânicas dos polímeros.

Tabela 1: Tipos de impressão 3D.

Adaptado de Tofail, et al. (2017)

1.1.3 Áreas de aplicação e vantagens

A produção aditiva e a produção tradicional não se diferenciam unicamente pelos seus processos produtivos mas, também em aspetos de gestão das organizações como tempos de resposta a clientes, entre outros. Citando Joe Allison, *Chief Executive Officer* (CEO) da *Stratasys Direct*, “3D printing’s greatest value is not as a technology, but as an enabler to derive greater business value.” (Stratasys, 2015) as organizações possuem a capacidade de aumentar o seu valor ao estudarem e aplicarem esta tecnologia nas suas atividades, não apenas pelas capacidades produtivas, redução de custo, tempo, aumento de qualidade e inovação mas, sim como um catalisador para a evolução das cadeias de abastecimento através da produção descentralizada, adoção de processos *just-in-time* e customização em massa (Attaran, 2017).

A produção aditiva apresenta uma série de vantagens comparativamente com a produção tradicional. Seguidamente, na Tabela 2, serão apresentadas algumas áreas de aplicação e vantagens que irão ser posteriormente desenvolvidas:

Áreas de aplicação	Vantagens
Production of spare parts	Reduce repair times
	Reduce labor cost
	Avoid costly warehousing
	Production of inexistent spares
Small volume manufacturing	Small batches can be produced cost-efficiently
Customized unique items	Quick production on exact and customized replacement parts on site
Component manufacturing	Shorten supply chain
On-site and on-demand manufacturing of customized replacement parts	Eliminate storage and transportation costs
	Save money by preventing downtimes
Rapid repair	Significant reduction in repair time

Tabela 2: Vantagens da impressão 3D sobre a produção tradicional.

Adaptado de Attaran (2017).

a) Produção de sobressalentes:

- Redução do tempo de reparação:

O tempo de reparação por vezes é demasiado longo devido a grandes entraves nas cadeias logísticas, podendo este ser reduzido com uma capacidade produtiva próxima do ponto de utilização, (Cooper, 2013; Janssen, Blankers, Moolenburgh, & Posthumus, 2014; Kurdian, 2016) aumentando assim a rapidez à qual a reparação é efetuada e, consequentemente, a capacidade de utilização dos sistemas.

- Redução do custo de trabalho:

A produção através de impressão 3D implica uma simplificação dos processos produtivos, acabando esta por reduzir os custos em horas de trabalho, tal como de competências visto que um trabalhador apenas necessita de saber operar com um conjunto limitado de impressoras e máquinas de pós processamento e, não de diversas tecnologias de produção tradicional (Marchese, Crane, & Harley, 2015).

A impressão 3D consegue também produzir peças que anteriormente consistiam na junção de vários componentes, ao eliminar a fase de montagem, consegue-se reduzir ainda mais o custo de trabalho (Lyon & Manners-Bell, 2012).

- Evita armazenagem dispendiosa:

A armazenagem e acumulação de *stocks* é um problema visto que ocupam espaço necessário e estão sujeitos a deterioração, obsolescência ou mesmo a serem danificados (Cooper, 2013).

A impressão 3D permite uma redução de custos neste âmbito, visto que esta permite a redução de *stocks*, eliminando o custo de espaço de prateleira, gestão de inventários, custos com pessoal e custos de oportunidade. Para além da redução dos custos em inventário, a armazenagem pode gerar outros desperdícios como o inventário que excede a sua validade e, excessos de compras que poderão tornar-se em monos (Kurdian, 2016).

Posto isto, a impressão 3D poderá substituir os custos elevados de armazenagem de inventário por produção descentralizada *just-in-time* (Janssen et al., 2014).

- Produção de sobressalentes inexistentes no mercado:

O setor da defesa comporta ciclos de vida dos seus sistemas bastante superiores ao de produtos genéricos comerciais¹³, durando tipicamente mais de 20 anos e, por vezes, mais do que o seu tempo de vida útil esperado (Appleton, 2014; Freeman & Paoli, 2015; Murphy, Gray, & Cotteleer, 2015).

Estes sistemas e produtos podem necessitar de sobressalentes devido a avarias ou desgaste das próprias peças e, com estes longos ciclos de vida impostos aos equipamentos específicos ao setor da defesa, os fornecedores podem já não existir no mercado ou, não

¹³ Traduzido de *commercial-off-the-shelf*, expressão utilizada para definir *software* e *hardware* que não são feitos para um mercado específico, sendo vendidos para um público-alvo mais abrangente.

produzirem já essas peças, demorando por isso, tempos bastante elevados a adquirir esses produtos (Appleton, 2014; Freeman & Paoli, 2015).

A impressão 3D revela-se uma tecnologia com elevado potencial nesta área devido à sua capacidade de produzir peças através de modelos digitais, não necessitando de moldes previamente existentes em fornecedores, sem necessidade de recomeçar linhas de produção apenas para uma peça e, com um reduzido *lead-time*.

b) Produção em pequenos volumes:

- Pequena produção pode ser produzida com eficiência:

Ao contrário dos métodos produtivos tradicionais que necessitam de tecnologias caras e consomem tempo a colocar linhas de produção, a impressão 3D parte diretamente do ficheiro digital para a impressora com apenas interferência de *software*.

Devido a este facto, a impressão 3D tem quase os mesmos custos na produção de uma unidade ou de grandes quantidades, o que retira a importância da necessidade de existência de economias de escala para a produção (Appleton, 2014).

c) Produção de artigos customizados:

- O artigo necessário pode ser produzido no local:

A impressão 3D poderá ter um grande impacto na descentralização da produção, permitindo assim uma melhor resposta para satisfação das necessidades dos consumidores, para além deste facto, as peças produzidas em 3D são customizados para cada indivíduo e situação, podendo assim satisfazer as necessidades e oferecer o artigo necessário, na quantidade necessária, no local necessário e no momento certo (Janssen et al., 2014; Louis, Seymour, & Joyce, 2014; Mohr & Khan, 2015).

A impressão 3D tem um grande potencial a responder a necessidades que ocorram no momento, podendo oferecer artigos customizados no método *just-in-time*, com grande rapidez, reduzindo assim drasticamente os *lead-times*¹⁴ (Grynol, 2012; Louis et al., 2014).

d) Produção de componentes:

- Reduz a cadeia de abastecimento:

A impressão 3D para a produção de componentes consegue reduzir drasticamente a cadeia de abastecimento, pois permite a desintermediação de múltiplas ligações na cadeia concorrentes para o produto final (Janssen et al., 2014).

¹⁴ *Lead-time*, no âmbito desta dissertação, é considerado como o tempo entre a colocação da necessidade e a satisfação da mesma.

Esta redução permite ao consumidor produzir os seus próprios produtos, com cadeias de abastecimento extremamente simples e, que necessitam de reduzido esforço logístico.

e) Produção no local e conforme necessidade:

- Elimina armazenagem e custos de transporte:

A impressão 3D permite derrubar fronteiras para a comercialização das peças, podendo a produção efetuada em qualquer local do globo, ou até no espaço como utilizado pela NASA (Bean, Snyder, & Dunn, 2017).

Visto que a impressão 3D reduz a necessidade de existência de economias de escala, produzindo assim pequenas quantidades, no local, a baixo custo, torna desnecessário a existência de armazenagem de produtos acabados, tal como a necessidade de incorrer em custos de transporte e, reduções de tempos de entrega (Bhasin & Bodla, 2014; Kurdian, 2016).

- Reduz custos ao prevenir paralisações:

Devido aos pontos anteriormente apresentados, a impressão 3D pode permitir um grande potencial de prevenir paralisações nos sistemas existentes.

A paralisação de máquinas ou sistemas pode comprometer uma organização e aumentar, em larga escala, os seus custos devido à necessidade de responder a uma necessidade com urgência. Como por exemplo, uma linha de produção que é interrompida por problemas das máquinas que a constituem, gera ineficiências que necessitam de ser suprimidas com uma maior celeridade de transportes, horas extraordinárias, entre outros, o que, inevitavelmente, acarreta custos (Bhasin & Bodla, 2014).

f) Rápida reparação:

- Reduz significativamente o tempo de reparação:

Segundo Philip Cullom, chefe de operações navais para a prontidão da esquadra e logística da marinha americana, as cadeias de abastecimento desta são muito onerosas e vulneráveis, pelo que a impressão 3D pode trazer tecnologias que permitam efetuar rápidas reparações, imprimir peças e ferramentas e, transformar a cadeia de abastecimento logística, tal como a manutenção naval da marinha americana (Tadjdeh, 2014).

Deste modo, com uma produção mais próxima do utilizador, os sistemas podem ter as suas peças impressas em 3D no local, o que permite reduzir o tempo necessário para adquirir uma peça e, consequentemente, o tempo de reparação de um sistema que esteja disfuncional.

1.1.4 Constrangimentos da aplicação de impressoras 3D

Apesar de todas as vantagens da adoção de impressão 3D, existem ainda desafios a superar, sendo muitos destes retratados ao longo do trabalho de um modo mais específico dependendo da sua importância para o ramo da defesa.

Tofail, et al. (2017), classificam como o maior constrangimento a incerteza da qualidade do produto final, autores como Thewissen, et al. (2016) adicionam ainda a incerteza da proteção de direitos de propriedade intelectual e, a falta de regulamentação das normas tributárias.

Outros autores como Murphy et al. (2015) vão ainda mais longe nos desafios especificando a limitação existente nos materiais disponíveis, constatando o facto de que, em muitas instâncias, a produção tradicional é mais eficiente, nomeadamente em artigos que são produzidos segundo economias de escala. Outra limitação é a falta de qualificação do pessoal atualmente empregado, pelo que seria necessária formação e, para além destes desafios, a velocidade de produção aditiva é inferior comparativamente com métodos tradicionais. Acrescentando ainda, Grynol (2012) assume que existem muitos produtos cuja produção não é tão fácil como se for efetuada por produção tradicional, tal é o exemplo de tubos para transporte de recursos naturais, devido ao seu tamanho.

Mais relevante que os desafios que a própria tecnologia encontra, tal como os do ambiente em torno desta temática, são os percecionados pela indústria. Assim, será de seguida apresentada uma figura sobre os desafios mais comuns, possibilitada por um inquérito realizado pela *Stratasys* a 700 entrevistados¹⁵ (Stratasys, 2015).

Através dos resultados obtidos, pode-se verificar que os motivos relacionados com os desafios desta tecnologia são primariamente financeiros e não da envolvente contextual mas, existe uma tendência de positivismo da indústria em relação ao futuro com a mitigação destes problemas levantados.

¹⁵ O estudo em causa foi administrado pela *SMS Research Advisors*, realizado através de um inquérito *online*, cujos correspondentes são utilizadores de impressão 3D (engenheiros, designers, executivos, gestores de projetos, entre outros.) ou, perspetivam utilizar esta tecnologia num horizonte de 3D a nível profissional.

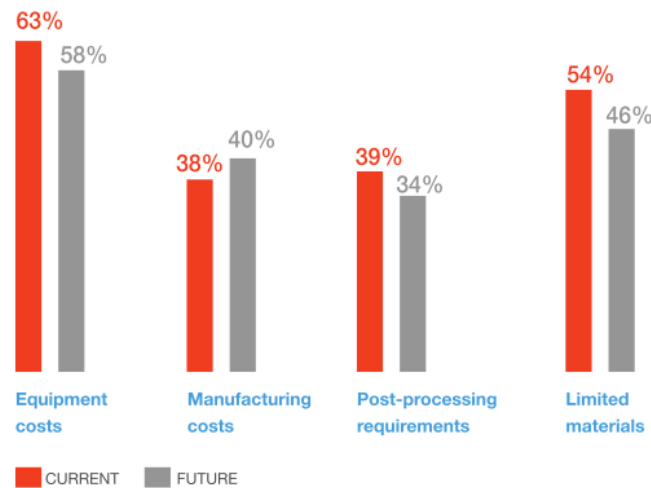


Figura 10: Desafios da impressão 3D.

Retirado de Stratasy (2015)

Após análise da problemática circundante da impressão 3D, é importante perceber onde se posiciona esta tecnologia na atualidade e, tendo por base este desenvolvimento, tentar perceber o que pode ser feito e, qual o caminho a seguir

1.1.5 Atualidade da impressão 3D

De modo a entender a situação presente da impressão 3D, é necessário compreender quanto vale o seu mercado, onde se encontra o seu desenvolvimento e, elucidar alguns exemplos de modo a perceber quais são algumas das suas utilizações práticas na atualidade.

a) Valor de mercado

O mercado da impressão 3D é atualmente estimado em 13 mil milhões de dólares e, é previsível que aumente para 21 mil milhões no ano de 2020. No ano de 2015, a impressão 3D apenas representava 0.04% do mercado global, sendo que o fabrico de protótipos era a maior utilização (UPS & Consumer Technology Association, 2016). Contudo, a *Wobler's Associates*, firma de referência de informação e investigação na produção aditiva, acredita que a impressão 3D irá eventualmente capturar 5% do mercado produtivo global e, que eventualmente se tornará uma indústria de 640 mil milhões de dólares (UPS & Consumer Technology Association, 2016).

Para além do valor de mercado, é importante notar se as empresas realmente conseguem, na atualidade, ter vantagens utilizando este tipo de produção. Segundo o *Wohler's Report* de 2017, 84% das empresas registaram um crescimento de valor de vendas em atividades primárias¹⁶ e 87% em atividades secundárias¹⁷ (Wohlers & Diegel, 2017). Este crescimento do valor de vendas representa uma vantagem para as empresas em utilizarem este tipo de tecnologias nos seus modelos de negócio.

b) *Gartner hype cycle*

Para além do seu valor no mercado e valor percebido pelos utilizadores, é importante perceber a maturidade e a adoção da tecnologia e das aplicações da mesma. De modo a consubstanciar esta análise, será utilizado o *Gartner Hype Cycle*¹⁸ de 2017 relativo à impressão 3D.

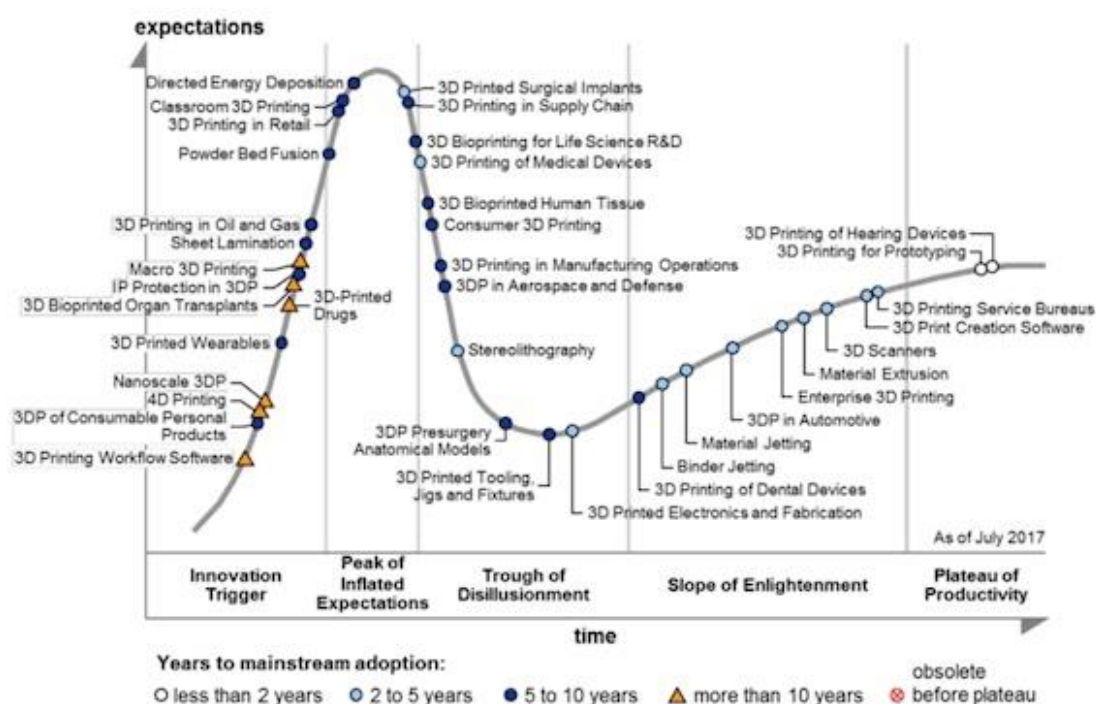


Figura 11: Gartner's 2017 3D printing Hype Cycle.

Retirado de David (2017)

¹⁶ Receitas de atividades primárias consistem em receitas provenientes da produção de partes em sistemas de produção aditiva.

¹⁷ Atividades secundárias são produção de equipamentos como ferramentas, moldes, entre outros, utilizando sistemas de produção aditiva.

¹⁸ O *Gartner Hype Cycle* serve para providenciar uma representação gráfica da maturidade e adoção de tecnologias e aplicações, no âmbito desta dissertação, interessa apresentar o estado em que a impressão 3D se encontra de modo a permitir identificar o tempo necessário para as diferentes aplicações estarem em plena adoção no mercado (Gartner Inc., 2018).

Através da Figura 11 é possível retirar algumas conclusões sobre o estado de alguns tipos de utilizações desta tecnologia, por exemplo, a produção de aparelhos auditivos encontra-se no pleno da sua produtividade utilizando impressão 3D, sendo que cerca de 98% dos aparelhos auditivos são produzidos com recurso a produção aditiva (UPS & Consumer Technology Association, 2016).

De um modo relevante para esta dissertação, é importante denotar a posição da produção aditiva no ramo aeroespacial e da defesa (*Trough of Disillusionment*), tal como nas cadeias de abastecimento (final do *Peak of Inflated Expectations*), sendo que ambas têm ainda um percurso de entre 5 a 10 anos de modo a chegarem a uma adoção plena e, possuírem critérios de viabilidade mais claramente definidos.

c) Exemplos de aplicação

Após compreender onde se encontram diversas utilizações desta tecnologia, é de interesse analisar o que é que está a ser efetuado por diversas empresas em mercados díspares:

- *General Electric:*

Na *General Electric* (GE) existe um peso bastante elevado visto que a sua área de negócio pode sofrer um grande impacto com a utilização da impressão 3D. Devido a esta importância, esta empresa pretende vender 100.000 peças produzidas através de produção aditiva até 2020, sendo que, no presente, já possui mais de 300 impressoras e investe seis mil milhões de dolares anualmente em investigação e desenvolvimento (GE Reports Staff, 2017).

Dois exemplos da produção aditiva utilizada pela GE são: o injetor de combustível para um motor de avião, que conseguiu combinar 20 peças em uma só, reduzindo o seu peso em 25% e aumentando a sua durabilidade em cinco vezes; e, outro exemplo, foi o investimento feito em investigação de modo a compreender qual seria a porção de um motor de helicóptero que poderia ser construído utilizando impressão 3D, sendo que em apenas 18 meses, conseguiram produzir metade do motor e reduzir de 900 peças para apenas 16, tornando este mais leve em 40% e mais barato em 60% (Kellner, 2017).

- *Rolls-Royce:*

Existem diversos exemplos de utilização de produção aditiva na construção de motores e peças, sejam estas para automóveis ou para motores aéreos. Por exemplo, o caso do *Rolls-Royce Phantom*, um carro de luxo, que possui 10.000 peças produzidas em impressão

3D (Molitch-Hou, 2016). A perspectiva do grupo BMW (que detém a parte automóvel da *Rolls-Royce*) é bastante positiva, admitindo até que a produção aditiva irá ser um método principal de produção no futuro (Grunewald, 2016).

“Additive technologies will be one of the main production methods of the future for the BMW Group, with promising potential. The integration of additively manufactured components into Rolls-Royce series production is another important milestone for us on the road to using this method on a large-scale. By utilizing new technologies, we will be able to shorten production times further in the future and increasingly exploit the potential of tool-less manufacturing methods,”

Udo Hänle, BMW groups head of production strategy.

- Setor da construção:

O setor da construção tem diversos exemplos de utilização da impressão 3D. Serão agora dados três exemplos deste tipo de utilização (Koslow, 2017):

1. Prédio para habitação: Em 2014, na China, foi construído um prédio destinado à habitação de 1.100m², de acordo com o construtor, foi possível poupar 80% de custos de pessoal, 60% em custos de material e 70% do tempo que demoraria a construir, comparativamente com métodos de construção convencionais.
1. *Apis Cor*: Em 2016, na Rússia, foi construída uma casa de 38m², produzida no local, com cimento e em apenas 24 horas com um custo de construção de 10.134 dólares.
2. Ponte 3D: Em 2017, em Espanha, foi construída uma ponte pedestre em cimento de 12m de comprimento e 1.75m de largura.

- Setor naval:

Devido à introdução da impressão 3D a bordo da Marinha Americana em 2014, foi criada uma abertura no setor naval para a utilização de produção aditiva a bordo, sendo que a *Maersk*, transportadora líder de mercado com cerca de 500 navios contentor, introduziu impressoras na sua frota. Inicialmente, em 2014, as impressoras eram apenas de *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), mas a transportadora conjuntamente com outras empresas como a *DNV GL*, *MAN Diesel & Turbo* e a *Create it REAL*, iniciaram um projeto para a utilização de impressoras 3D em navios e em plataformas petrolíferas de modo a remover a necessidade de possuir demasiados sobressalentes a bordo, diminuindo assim o tempo

necessário de reparação, tal como os custos associados com inventário e custos logísticos para colocar um sobressalente a bordo (Canton, 2014; Port Technology, 2017).

- Marinha Chinesa:

No ano de 2015, o navio DDG 112 Harbin da Marinha Chinesa, um destroyer do tipo 052D, no Golfo de Áden, entre o Iémen e a Somália e longe do seu país de origem, teve uma avaria num rolamento de um motor a *diesel*, sendo o resultado final a impossibilidade de utilização desse motor. Enquanto isso, a guarnição do navio, através de impressoras 3D a bordo, conseguiu produzir um sobressalente em apenas horas podendo o navio voltar a utilizar o motor de novo (Georgiev, 2016).

Após verificar onde a impressão 3D está a ser utilizada, é relevante perspetivar o futuro de modo a tentar perceber quais são as visões por parte dos utilizadores desta tecnologia.

1.1.6 Futuro da impressão 3D

Anteriormente, na análise do *Wobler's Report*, foi possível verificar uma expectativa de grande crescimento no valor de mercado da impressão 3D. Tal expectativa é consistente com um aumento, em larga escala, da utilização desta tecnologia, perspetivando-se a sua continuação.

Apesar de a impressão 3D ser uma tecnologia com um forte impacto no modo como se torna possível a colocação dos produtos nos consumidores, alterando muito significativamente as capacidades produtivas e, transformando assim as cadeias de abastecimento existentes, para cadeias de abastecimento digitais, esta é relativamente recente quando comparada com o desenvolvimento já existente em métodos de produção tradicionais e, portanto, necessita de desenvolvimentos em algumas áreas fundamentais.

O futuro da impressão 3D, tal como a adoção em massa desta tecnologia, depende de cinco fatores essenciais (Kuckelhaus & Yee, 2016):

- Tecnologias de utilização de materiais:

Esta limitação refere-se à utilização de diversos materiais para a produção de uma peça. Atualmente é possível encontrar no mercado impressoras que conseguem utilizar até três tipos de materiais diferentes, mas ainda a um custo demasiado elevado e, com diversos problemas de qualidade.

Apesar de este problema ainda existir, e poucos sistemas poderem utilizar vários materiais (Coykendall, Cottleer, Holdowsky, & Mahto, 2014), estão em processo de

desenvolvimento impressoras que conseguem produzir com 10 materiais em simultâneo (Sitthi-Amorn et al., 2015).

- Velocidade e qualidade:

A velocidade dos processos conducentes ao produto final está bastante relacionada com o produto em si. Visto que a peça é produzida aditivamente, quanto maior for a precisão das suas camadas, melhor irá ser a qualidade do seu produto final.

A velocidade da impressão é um aspeto que terá de evoluir com o avançar da produção aditiva, visto que a produção de peças através de métodos tradicionais, consegue produzir bastante mais rápido¹⁹ (Murphy et al., 2015). A impressão 3D, apesar deste facto, pode ser largamente aplicada visto que o seu âmbito não é a produção de peças em massa, mas sim a possibilidade de produzir peças aquando da necessidade e, customizadas para cada indivíduo (Tofail et al., 2017).

- Garantias dos equipamentos:

As garantias das peças e equipamentos necessitam de ser alvo de grande evolução, juntamente com a responsabilização das peças produzidas, que necessita de ser introduzida nos modelos de negócio e, ao comprar equipamentos ao *Original Equipment Manufacturer* (OEM), verificar se é possível introduzir sobressalentes produzidos em 3D. Futuramente no trabalho, esta temática será abordada com mais profundidade.

- Propriedade intelectual:

Com o desenvolvimento recente, em grande velocidade, da impressão 3D, esta tecnologia continua cada vez mais a ultrapassar a lei existente, deixando assim muitas incertezas das responsabilidades, obrigações decorrentes e os riscos que podem ser assumidos (Widmer & Rajan, 2016).

Segundo Gartner, citado em Dobbelaere, a impressão 3D irá resultar numa perda de pelo menos 100 mil milhões de dólares anuais em propriedade intelectual globalmente, devido à facilidade com que os ficheiros digitais são partilhados e difundidos (Dobbelaere, 2016). Este facto representa uma necessidade de evoluir para novos modelos de negócio, novas soluções e, de modo a atingir este objetivo, os detentores da propriedade intelectual, necessitam de considerar estas questões com os seus clientes, tal como desenvolver novos

¹⁹ O autor afirma na sua obra “*Depending how one measures times*” (Murphy et al., 2015), pelo que apenas é referido neste âmbito o tempo de produção da peça e não a soma do tempo de produção com o tempo necessário de modo a colocar peça no local desejado.

modelos de negócio e licenças que permitem todas as partes envolvidas atingirem a melhor solução (Widmer & Rajan, 2016).

No entanto, apesar desta visão, John Hornick, um advogado especializado na área, defende que irá existir um período em que a indústria irá tentar defender vigorosamente a propriedade intelectual mas que, à exceção de indústrias como por exemplo a aeroespacial, à medida que a democratização do *design* e manufatura se afastam do controlo das empresas, irá tornar-se cada vez mais irrelevante (Appleton, 2014).

- Custos das tecnologias:

Os custos elevados das impressoras industriais, são um fator desencorajador para as organizações adquirirem essas capacidades, segundo Ernst & Young (EY), cerca de 40% das empresas inquiridas, afirmou que a barreira principal para a adoção de impressoras 3D era o elevado custo destes sistemas (Ernst & Young, 2016).

Contudo, o valor das impressoras 3D tem vindo a diminuir. Entre 2010 e 2016 o preço de referência das impressoras 3D decresceu cerca de 40%, de aproximadamente 13.500 dólares para 8.000 dólares e, é expectável decrescer cerca de 6% anualmente até 2019 até aproximadamente 6.500 dólares (Kruchkin, 2016; Kuckelhaus & Yee, 2016).

Com a redução dos preços da tecnologia, é expectável que as organizações adotem cada vez mais a impressão 3D como parte auxiliar dos seus negócios ou, como parte preponderante do negócio em si. De igual modo, a adoção desta tecnologia pode ser mais rápida se, as empresas percecionarem um valor acrescentado para o seu negócio, valor que é mais perceptível à medida que novos modelos de negócio emergem.

2. Desenvolvimento

O presente trabalho de investigação terá como base a metodologia proposta por *Quivy* e *Campenhoudt*, sendo a pergunta de partida “De que forma pode a impressão 3D ser implementada na Marinha?”, que será o objetivo primordial a ser respondido pela presente dissertação (Quivy & Campenhoudt, 2013).

De modo a conseguir responder a esta pergunta de partida, são consideradas duas perguntas derivadas (PD):

- PD 1: “De que forma a Marinha pode adotar a impressão 3D?”;
- PD 2: “Quais são os impactos que a impressão 3D pode trazer para a Marinha?”.

De modo a encontrar uma possível resposta a esta problemática, este capítulo será dividido em quatro tópicos.

Inicialmente, será efetuada uma análise à adoção da impressão 3D pelo *Department of Defense* (DoD) dos Estados Unidos da América (EUA), em específico pelo projeto *Print the Fleet* (PTF) desenvolvido para a introdução de produção aditiva na marinha americana. Esta análise terá a função de caso de estudo de modo a perceber a adoção de uma organização congénere deste tipo de tecnologia, em específico, dos objetivos e vantagens que a impressão 3D traz para a marinha americana.

Seguidamente, será abordada a impressão 3D na Marinha, tendo este tópico em vista a resposta à PD 1, explicando qual o âmbito em que pode ser utilizada esta tecnologia dentro da organização. Deste modo, será efetuada uma análise abordando os caminhos de possível adoção, conjuntamente com os métodos de como esta tecnologia pode ser implementada.

Posteriormente, será analisado qual é o impacto que a impressão 3D poderá trazer para a Marinha, tentando compreender quais as mais-valias que advirão para a organização, seja por comparação com a adoção da marinha americana²⁰, tal como pelas vantagens identificadas em diversos estudos já realizados, tentando responder à PD 2. De modo a melhor compreender os impactos, para responder a esta pergunta será efetuada uma análise com recurso à Cadeia de Valor de Porter.

²⁰ Nesta dissertação, a escolha da marinha americana para estudo, deve-se a esta ser uma marinha de referência em adoção de tecnologias de última geração, tal como pela grande quantidade de publicações que concernem à adoção da impressão 3D.

Concluindo este capítulo, será analisada a implementação da impressão 3D pela Marinha Portuguesa, tentando deste modo perceber como se poderá adotar esta tecnologia, respondendo portanto, à pergunta de partida. Com esta resposta, tentar-se-á obter um *framework* de adoção da impressão 3D para a Marinha Portuguesa.

2.1 Impressão 3D na Defesa: Caso de estudo do *Department of Defense*

Neste subcapítulo, irá ser abordada a utilização da impressão 3D na defesa. De modo a conseguir correlacionar a utilização desta tecnologia com o ramo da defesa, é utilizado como caso de estudo a utilização desta pelo DoD dos EUA e, posteriormente, a utilização específica por parte da marinha americana.

O DoD é dirigido pelo secretário da defesa na direta dependência do presidente dos EUA, tendo este departamento como missão providenciar uma força conjunta letal de modo a defender a segurança do país e sustentar a influência americana no exterior.²¹ Com mais de três milhões de trabalhadores e um orçamento de 419,3 mil milhões de dólares, o DoD tem um orçamento quase duas vezes superior ao do *Wal-Mart*²² e com quase 2,5 vezes o número de pessoal (Department of Defense, n.d.).

Com um decréscimo de 4.6% para 3.3% do produto interno bruto (PIB) em investimento na defesa entre 2010 e 2016 (Stockholm International Peace Research Institute, 2016), a capacidade de o DoD reagir eficiente e eficazmente torna-se atingida, sendo assim de extrema importância, a inovação e utilização de tecnologia que poderá alavancar as capacidades das forças.

A impressão 3D apresenta-se como uma oportunidade para o DoD criar eficiências nas suas cadeias de abastecimento e aumentar as suas capacidades combatentes. Com o apoio do *America Makes*²³ e da *Deloitte*, foi possível verificar as visões de cada serviço (*US Army*, *Department of the Navy*, *US Air Force*, *Defense Logistics Agency*) e deste modo perceber quais os objetivos a atingir e o que cada um destes tencionava alcançar com a adoção desta tecnologia. Com base nos objetivos individuais, foi possível produzir um conjunto de cinco

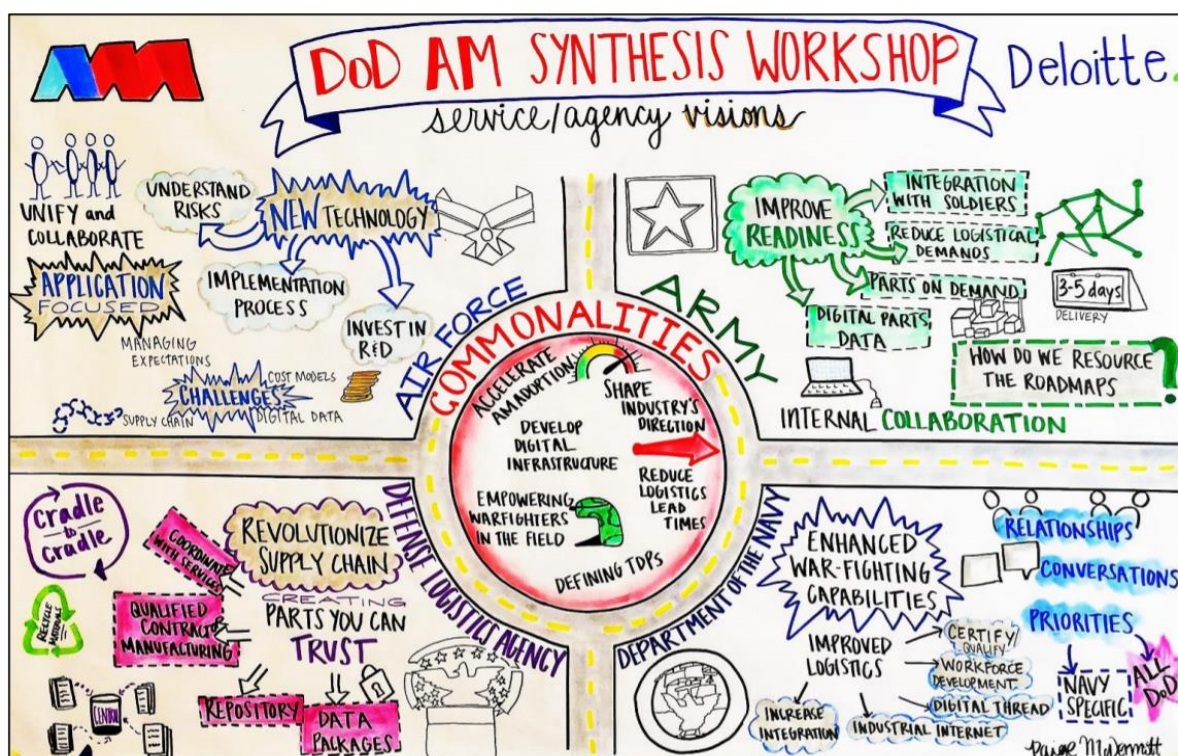
²¹ Traduzido do inglês “*The mission of the Department of Defense is to provide a lethal Joint Force to defend the security of our country and sustain American influence abroad.*”

²² *Wal-Mart Stores* é considerado o maior retalhista no mundo, estando classificado em 17º na *Forbes Global 2000 Biggest Public Companies*, ficando à frente de grandes empresas como a *Microsoft*, *Shell*, *Verizon*, entre muitas outras (Forbes, 2017; Gensler, 2017).

²³ *America Makes* é o instituto americano para a inovação na produção aditiva, tendo como objetivo acelerar o desenvolvimento e adoção da tecnologia, constituindo-se como uma parceria público-privada com organizações da indústria, académicas e governamentais (America Makes, n.d.; Fielding et al., 2016).

quadros de transformação para o DoD, um para cada serviço e, um quadro conjunto que combina os interesses de todos os intervenientes (Fielding et al., 2016).

A Figura 12 demonstra quais as visões de cada um dos serviços tal como os aspetos que são similares e transversais a cada um destes. Esta identificação permitiu traçar o rumo a seguir pelos serviços e pelo próprio departamento de modo a identificar seis necessidades de desenvolvimento de capacidades ao qual os intervenientes vão ter que dirigir o seu foco de modo a conseguirem adotar esta tecnologia: a missão (propósito, como irá operar e o objetivo), a visão (processos de decisão, informação e análise), os processos (conjunto de atividades para realizar o *output*), a tecnologia complementar (tecnologias adicionais de modo a conseguir obter capacidade de impressão 3D), o talento (competências,



infraestruturas de formação, planeamento de recursos humanos) e a administração (papeis claramente definidos, poder de decisão e políticas organizacionais) (Fielding et al., 2016).

Figura 12: Visões da impressão 3D para os serviços pertencentes ao DoD.

Retirado de Fielding et al. (2016)

Tendo uma iniciativa governamental robusta, o DoD possuiu um conjunto de quadros de transformação para os seus serviços mais importantes e, um quadro conjunto de modo a conjugar esforços no sentido de produzir mais resultados através da interoperabilidade e do sentido de otimização da unidade de esforço. No âmbito desta

dissertação, é de relevante interesse perceber como é que a marinha americana adotou esta tecnologia devido às especificidades do setor militar naval.

2.1.1 Impressão 3D na marinha americana

Com incentivos para o desenvolvimento da impressão 3D, foram criados mapas de transformação para a boa adoção desta tecnologia nos serviços referidos anteriormente e, para a potenciação do esforço conjunto destes através do DoD.

A marinha americana, em consonância com a adoção da impressão 3D nos seus processos, possui o programa PTF, cujo objetivo é a introdução da produção aditiva de modo a desenvolver processos para a construção, qualificação e entrega de peças, assim como o treino do pessoal para o uso de impressoras 3D. Em outubro de 2016, a marinha americana, contava com quase 90 impressoras colocadas em 22 bases (Crean, 2017; Naval Sea Systems Command, 2017).

O PTF tem como âmbito a redução dos tempos de espera necessários para obter uma peça através das cadeias de abastecimento normais. Estas ações têm elevada relevância devido ao impacto que a insuficiência dos componentes necessários para a manutenção, pode ter na ameaça do normal funcionamento dos sistemas de bordo e, possivelmente no comprometimento do sucesso da missão do navio (Audette et al., 2017; Jovanovic, Bilgen, Arcaute, Audette, & Dean, 2017).

O projeto PTF conseguiu apresentar-se como uma grande vantagem para a organização pois, à data (2014), a marinha americana não possuía uma estratégia específica e, sem esta, não poderia existir uma visão ao alto nível da organização de como é que esta poderia ser conjugada e ser traduzida num avanço positivo através de um esforço conjunto (Tadjdeh, 2014).

Posteriormente, em 2017, após publicação dos quadros de transformação, o *Department of the Navy* criou o “*Department of the Navy Addictive Manufacturing Plan V2.0*” que tem duas visões fundamentais: O aumento da prontidão e da sustentabilidade dos navios; e, o aumento da capacidade de combate dos meios. Concorrentes para estas visões, foram identificados cinco objetivos concorrentes para possibilitar atingir esta visão estratégica, estes estão descritos na Figura 13 (Burrow, Cullom, & Dana, 2017).

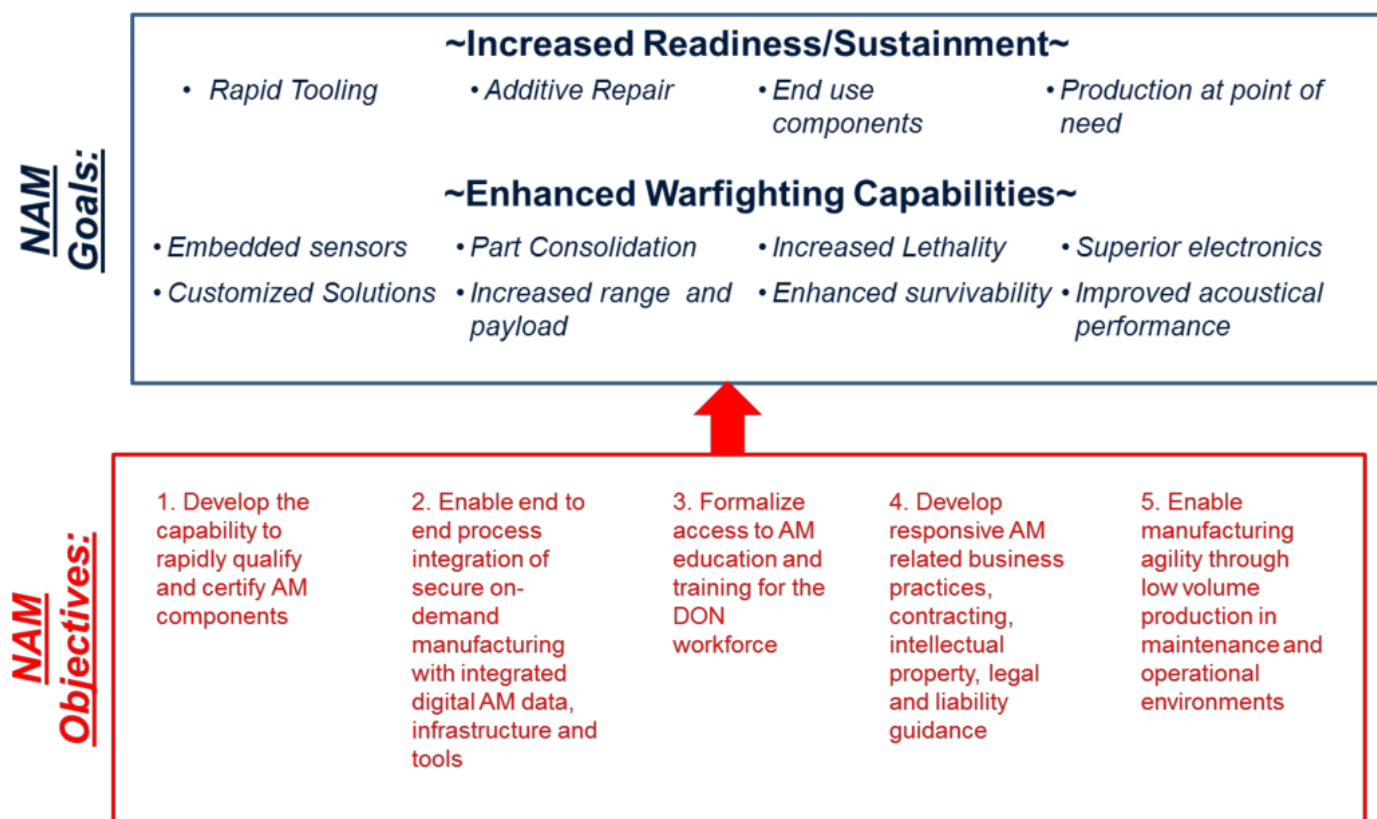


Figura 13: Visão e objetivos do *Navy Additive Manufacturing Plan*.

Retirado de Burrow, et al. (2017).

Com esta visão e objetivos a atingir, é de elevada importância determinar também quais os impactos que a impressão 3D poderá trazer para a marinha americana de modo a tentar extrapolá-las para a Marinha Portuguesa por forma a melhor se compreender a sua utilidade, assim como o valor que poderá trazer para a organização.

A marinha americana utiliza a impressão 3D essencialmente em quatro aspetos, todos eles interligados:

- Redução de custos das cadeias de abastecimento (Kurdian, 2016; Louis et al., 2014; Tadjdeh, 2014);
- Capacidade de lidar com a obsolescência dos sistemas (Audette et al., 2017; Freeman & Paoli, 2015);
- Aumento da capacidade de Manutenção, Reparação e Operações (Kenney, 2013; Louis et al., 2014);
- Criação de novas peças mais eficientes (Louis et al., 2014).

Todos estes aspetos estão interligados pois dependem intrinsecamente uns dos outros, sendo que todos contribuem concomitantemente para o cumprimento da missão e, a sua maximização permite à marinha americana aumentar a sua *performance* quer a nível do cumprimento das missões, atribuindo novas capacidades aos seus meios, como por exemplo a construção de *drones* a bordo (Georgiev, 2016) ou aumentar a sua capacidade de manutenção, minimizando o custo total do ciclo de vida sobre o período de vida útil do ativo, seja este um navio, aeronave ou submarino (Kenney, 2013).

2.2 Impressão 3D na Marinha

Este subcapítulo visa encontrar uma possível resposta à PD 1 “De que forma a Marinha pode adotar a impressão 3D?”, deste modo, tentar-se-á perceber qual o caminho a seguir pela Marinha, tal como as necessidades a serem supridas.

Para saber qual o caminho a seguir pela Marinha, será utilizado o *framework* proposto pela *Deloitte University Press* de modo a perceber quais as diferentes possibilidades, tal como o valor que advém destas.

Após perceber qual é o caminho mais adaptável à Marinha, tentar-se-á compreender quais são as opções que a Marinha Portuguesa poderá adotar de modo a perceber quais os métodos de impressão 3D que poderão ser adotados na organização.

2.2.1 Caminhos a seguir e valor

Como anteriormente apresentado, a impressão 3D pode causar a disrupção de grande parte das cadeias de abastecimento de uma organização, transformando uma cadeia física, que transporta os bens físicos, para uma cadeia digital que transfere o modelo digital para a construção da peça no local. Para além dos impactos nas cadeias de abastecimento, o impacto nos próprios produtos pode ser bastante grande, tal como o exemplo da GE referido anteriormente no capítulo 1.1.5.

Deste modo, é necessário que os gestores das organizações reconheçam quais são os caminhos estratégicos que desejam para a sua organização no âmbito da impressão 3D e, deste modo, optar pelo que produza os objetivos estratégicos desejados.

Os objetivos estratégicos são definidos por Cotteleer como imperativos de *performance*, inovação e crescimento. Os objetivos de *performance* baseiam-se no cumprimento de um objetivo relativo aos padrões identificados e, que consegue resolver eficazmente

*trade-offs*²⁴. Os objetivos de inovação referem-se à combinação de atividades ou tecnologias que superam os *trade-offs* existentes e permitem a criação de novos resultados. Os objetivos de crescimento são definidos como o aumento de receitas que resulta de um conjunto de escolhas da gestão (Cotteleer, 2014; Louis et al., 2014).

Mais ligado ao setor militar, Louis, et al. alteram o imperativo estratégico do crescimento para agilidade, considerando esta como o nível de flexibilidade necessário para cumprir com a missão da maneira mais eficiente e eficaz (2014).

Nesta dissertação, os imperativos estratégicos a serem considerados são: a *performance*, a inovação e a agilidade. Deste modo, a estratégia de adoção da impressão 3D terá que ter a ótica de melhorar os seus resultados através destes imperativos.

Assim, a organização poderá aumentar o seu valor, sendo que este pode ser caracterizado através de três dimensões principais: a eficiência²⁵, o risco e o tempo. A eficiência é definida como o cumprimento, em tempo, dos requerimentos da missão com o mínimo uso de recursos, o risco é a probabilidade de que os requisitos da missão serão cumpridos e, o tempo incide na velocidade na qual cada requisito da missão pode ser conseguido (Louis et al., 2014).

Considerando os caminhos que as organizações podem tomar para integrar a impressão 3D nos seus modelos de funcionamento, tal como os imperativos que tentam alcançar, é sumariado na Figura 14 os possíveis diferentes caminhos a adotar.

²⁴ *Trade-off* é uma escolha que visa à resolução de um problema, mas acarreta um custo. Neste caso, a impressão 3D tem como objetivo otimizar uma escolha, resolvendo assim a necessidade de optar, como por exemplo, na produção de um artigo A ou B com linhas de produção, a impressão 3D introduz-se como uma solução, conseguindo produzir os dois, sem necessidade de efetuar o *trade-off*.

²⁵ Cotteleer (2014) define a eficiência como o lucro, mas visto que esse elemento da criação de valor da organização não é aplicável à Marinha, neste caso será utilizado o proposto por Louis, et al. (2014).



Figura 14: *Framework* de compreensão dos caminhos da Impressão 3D e valor.

Retirado de Cotteleer (2014).

Deste modo, é necessário compreender quais as necessidades do setor da defesa, para saber qual é a incidência e, os objetivos a serem alcançados na adoção da produção aditiva com o objetivo de adotar as estratégias necessárias na sua implementação.

Segundo Murphy, et al. (2015) os atributos que motivam a utilização de produção aditiva no setor aeroespacial e da defesa são essencialmente o de redução de custos e de aumento de velocidade e eficiência, como se pode verificar na Figura 15 (Murphy et al., 2015).

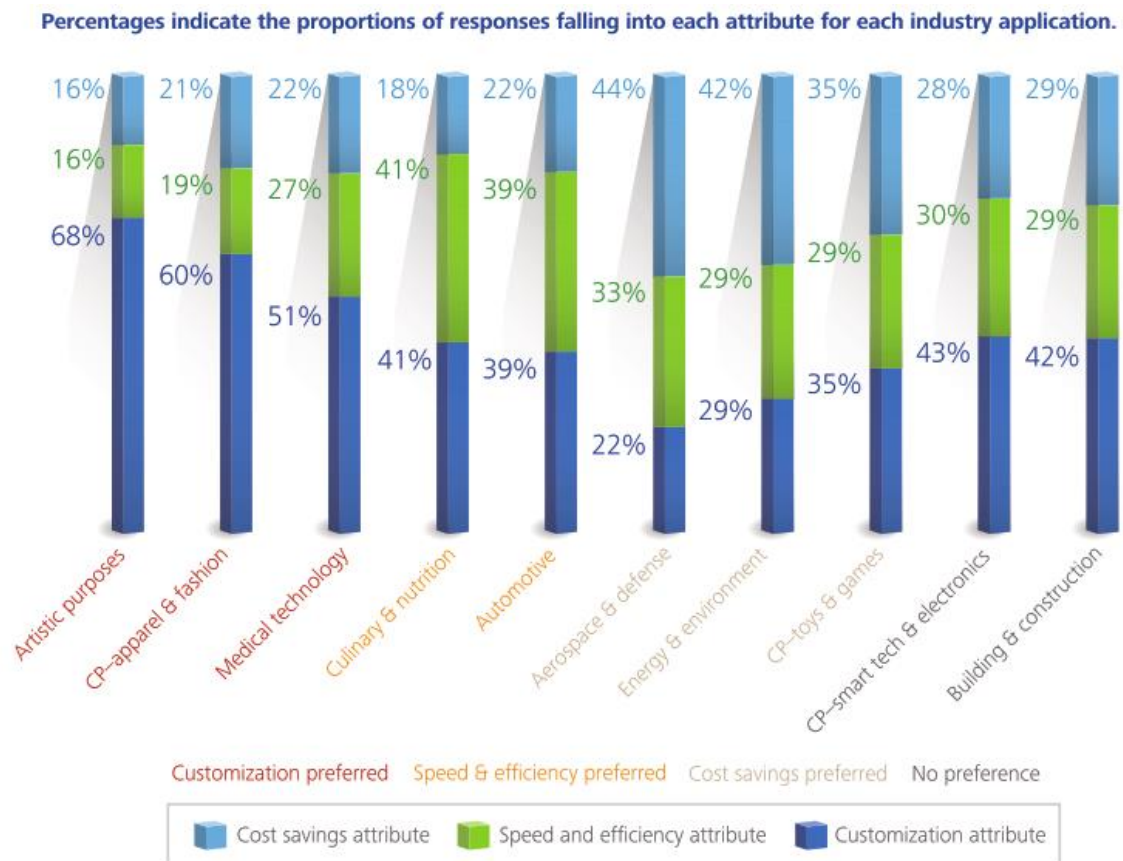


Figura 15: Motivações para a utilização de produção aditiva.

Retirado de Murphy, et al. (2015)

Com tais objetivos presentes no setor, os caminhos a seguir são os que produzem baixo impacto no produto mas, com capacidade de reduzir custos e aumentar velocidade e eficiência, ou seja, os caminhos a adotar serão o de *Path I (Stasis)* ou *Path II (Supply Chain Evolution)*. Deste modo, apenas estes caminhos serão abordados nesta dissertação.

a) *Path I – Stasis*

Este caminho é aplicável a organizações que não desejam alterações radicais quer nas suas cadeias de abastecimento, quer nos produtos, mas desejam explorar as tecnologias de produção aditiva para aumentar o valor nos produtos existentes e nas cadeias de abastecimento que já possuem (Marchese et al., 2015).

A imperativa estratégica desta opção é a de aumento da *performance*, conseguindo, portanto, aumentar a eficiência e, consequentemente o valor gerado na organização.

Este caminho é especialmente importante nas forças armadas pois, estas tendem a ser organizações conservadoras em adotar novas tecnologias (Louis et al., 2014). Sem exceção, a Marinha Portuguesa é considerada uma organização muito conservadora, devido

ao impacto que poderá trazer para as questões operacionais (Sarmiento, 2018; Semide, 2018).

O projeto PTF, realizado pela marinha americana, é um exemplo deste tipo de caminho utilizado, não alterando quer os produtos, quer as cadeias de abastecimento existentes, mas sim, ao desenvolver os seus processos, conseguindo produzir peças com *lead-times* mais reduzidos, possibilitar a redução de *stocks*, entre outros.

b) *Path II – Supply Chain Evolution*

As organizações que adotam este caminho visam, tal como no caminho anteriormente apresentado, o aumento da sua *performance*, mas desta vez, através da transformação das suas cadeias de abastecimento.

Os benefícios que são traduzidos pela utilização deste caminho são essencialmente a redução da produção mínima de modo a atingir economias de escala, o que permite produzir a baixos custos, pequenas quantidades, em localizações dispersas pelo mundo. Este caminho permite ainda a alteração das cadeias de abastecimento tradicionais, permitindo assim a redução do capital necessário de investimento inicial para uma variedade de peças a produzir, atingindo assim *economies of scope*²⁶.

Posto isto, como pode ser verificado na Figura 14, os *drivers* são o lucro com uma focalização na redução de custos, tal como o tempo. No âmbito militar, estes *drivers* traduzem-se na eficiência e na redução dos tempos necessários para adquirir a peça (Louis et al., 2014).

Um exemplo desta aplicação é o laboratório móvel (FABLAB²⁷), implementado pelo exército americano no Afeganistão. Este FABLAB tem como objetivo assistir as forças presentes no teatro de operações com o que estas possam necessitar, sem a necessidade de recorrer a longas cadeias de abastecimento, que podem demorar tempo excessivo e comprometer a missão (Peels, 2017).

2.2.2 Tipos de obtenção

É de elevada importância perceber então, como é que esta tecnologia irá ser adotada e, quais os processos necessários de desenvolver para adotar com sucesso esta tecnologia.

²⁶ *Economies of scope* é um resultado da flexibilidade da tecnologia de produção aditiva. A dispensabilidade de trocar os equipamentos para diferentes peças a produzir, permite reduzir os tempos de transição (por exemplo entre preparação de linhas de montagem), isto aumenta a possibilidade de produzir diferentes de peças em menos tempo e com um custo mais reduzido.

²⁷ Sigla do inglês *Fabrication Laboratories*.

Neste subcapítulo serão consideradas as abordagens a ser efetuadas para adquirir a capacidade de impressão 3D, sendo que no capítulo seguinte, serão estudados os impactos que terão para a Marinha, sempre considerando os caminhos a seguir apresentados anteriormente.

Deste modo, a impressão 3D poderá ter duas abordagens distintas, uma produção própria, que irá ser considerada com duas variantes, e uma produção através de *outsourcing* de serviços, como é apresentada na Figura 16. Algumas vantagens e desvantagens destes tipos de produção encontram-se em anexo A.

A produção própria, como referido no parágrafo anterior, possui duas variantes, a primeira incide numa produção em terra e centralizada, com um abastecimento posterior às unidades e, a segunda, de produção a bordo dos navios ou unidades destacadas, possuindo os modelos digitais²⁸.

O *outsourcing*, no âmbito desta dissertação, é entendido como a produção através de lojas que imprimam em 3D, através de modelos digitais que a organização disponibiliza ou, diretamente do fabricante do modelo.

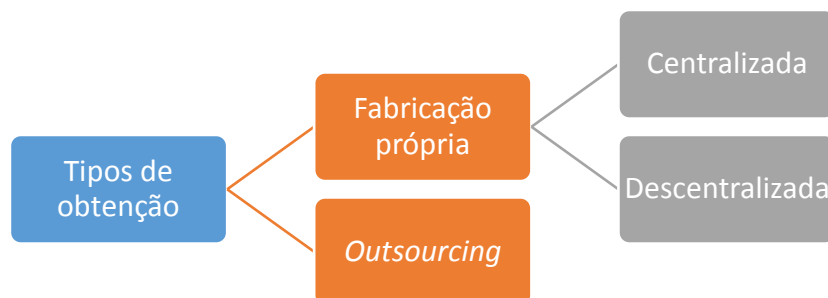


Figura 16: Tipos de obtenção de peças através de impressão 3D.

²⁸ A posse dos modelos digitais é considerada de diversos modos, seja estes quando a organização possui os modelos nos seus “armazéns digitais” ou, quando compra a um fornecedor no modelo de utilização unitária (para uma única impressão), de compra por utilização (compra o modelo e paga *royalties* por peça) ou, por subscrições temporais (compra o modelo para utilização num horizonte temporal).

2.2.2.1 Fabricação própria

A fabricação própria envolve dois tipos de produção diferentes com diversas especificidades, que serão abordadas neste tópico.

O primeiro tipo de produção própria envolve uma produção centralizada na organização, seja esta numa localização única ou, através de uma cadeia de localizações individuais (UPS & Consumer Technology Association, 2016). Esta permite essencialmente uma redução de *lead-times* de aquisição que, em geral, na administração pública, são bastante longos.

O segundo tipo envolve uma produção descentralizada, sendo esta espalhada na organização e mais próxima do cliente²⁹ (UPS & Consumer Technology Association, 2016). No caso da Marinha, esta pode ser efetuada a bordo dos navios ou de unidades destacadas, como por exemplo forças de fuzileiros, sendo que este tipo de produção permite uma maior redução de *lead-times* através da produção no local onde a peça é necessária, reduzindo assim o tempo de inoperacionalidade dos sistemas, com um aumento da capacidade de manutenção, menor necessidade de ter sobressalentes a bordo, menores custos logísticos de colocar as peças necessárias no local e, consequentemente, um aumento da capacidade operacional.

A fabricação própria exige a necessidade de compra de diversos equipamentos para obter a capacidade de impressão 3D, tendo a decisão deste tipo de produção ser tomada através de um conjunto de passos que a fundamentem, sendo devidamente justificada, possivelmente utilizando o *framework* para a adoção da impressão 3D que será futuramente proposto.

Deste modo, nesta dissertação apenas serão abordados os 2 tipos de produção, a centralizada e descentralizada, não sendo considerado um tipo misto de produção própria devido à grande quantidade de produções possíveis.

a) Produção centralizada

A produção centralizada, permitirá a produção numa unidade da Marinha, conseguindo assim produzir as peças necessárias no momento e enviando as mesmas através de cadeias logísticas existentes, em que algumas vantagens são a redução da necessidade de *stocks*, redução de *lead-times*, capacidade de servir as unidades dependentes mais rapidamente, entre outras.

²⁹ No âmbito desta dissertação, são considerados clientes os potenciais beneficiadores da adoção de impressão 3D, ou seja, as unidades da Marinha.

A impressão 3D, como referido anteriormente, pode ter sete métodos produtivos diferentes (BJ, DED, ME, MJ, PBF, SL e VP), o que implica capacidades e custos diferentes entre métodos ou mesmo dentro do mesmo método. Certas tecnologias, especialmente de impressão em metal, necessitam de condições específicas, sejam estas de temperatura, humidade, equipamentos de proteção individual, entre outros.

A impressão 3D em metal tem um custo estimado em mais de 1.6 milhões de dólares, a capacidade de produção em polímeros pode custar entre 250.000 a 510.000 dólares e, a capacidade de impressão de secretária é a menos onerosa de todas, custando desde 500 a 17.000 dólares. É de importante notar que, as tecnologias de impressão em metal apesar de serem de valor superior, são as que têm maior potencial de produzir peças de elevado valor, traduzindo-se num maior retorno (Crean, 2017).

A produção centralizada permite à organização garantir que o investimento em tecnologia de produção aditiva é bem utilizado uma vez que permite a agregação da procura de diversos clientes, sendo portanto um fator de garantia de uma boa aplicação de recursos em impressão 3D (Moore, 2018).

Devido às especificidades da Marinha, nem todas as tecnologias podem ser aplicadas em todos os locais com a mesma facilidade, como por exemplo a produção de metal a bordo de navios. A produção centralizada permite a redução de custos de implementação da impressão 3D, criando apenas um ambiente com elevado custo, mas com a capacidade de conduzir a produção de peças de grande valor, criando assim um grande retorno ao investimento efetuado.

As vantagens e desvantagens da produção centralizada serão abordadas no capítulo 2.3 ao ser efetuada a análise dos impactos que a impressão 3D poderá ter nas atividades estrategicamente relevantes da Marinha.

b) Produção descentralizada

A produção descentralizada possui bastantes impactos nas cadeias de abastecimento devido à sua capacidade eliminar passos desde o fornecedor até ao consumidor final. Este tipo de produção, apesar das suas grandes capacidades de melhoria das organizações, possui também problemas, como por exemplo, não conseguir a um baixo custo, atingir todas as capacidades que seriam possíveis através de produção centralizada, como por exemplo produção em metal.

A produção descentralizada é justificável quando a procura individual dos serviços seja suficientemente alta, de modo a compensar o investimento realizado pela organização em adquirir tecnologias de produção aditiva que consigam retribuir o investimento efetuado, ou que apresentem melhorias não quantificáveis em unidades monetárias (Moore, 2018).

A produção descentralizada, no caso da Marinha é aplicável para uma produção espalhada nas cadeias de abastecimento e, que apresenta uma maior proximidade com os clientes, neste caso, de unidades requisitantes, sejam estas unidades dependentes de abastecimento em terra, navios ou forças destacadas.

Embora as vantagens da produção descentralizada sejam maximizadas através deste tipo de produção, esta possui também diversas desvantagens e, deve ser adotada de um modo consciente e estudado. Como tal, será abordado futuramente os impactos que este tipo de produção consegue trazer para a Marinha.

2.2.2.2 *Outsourcing*

A literatura não atribui ao *outsourcing* uma definição específica, pelo que na sua interpretação mais lata, pode ser definido como a dependência de fontes externas à organização para a aquisição de bens ou serviços (Albers, 2009; Hietalahti & Kuoppala, 2009).

No âmbito desta dissertação, *outsourcing* será considerado como a aquisição de serviços de impressão, ou seja, produção em impressoras 3D por outra empresa, de peças cujos modelos digitais são fornecidos pela Marinha. Este tipo de obtenção conta com a produção da peça na empresa prestadora de serviços, sendo entregue à Marinha através das cadeias de abastecimento normais, não englobando, no âmbito desta dissertação, a concessão de impressoras em que estas pertencem ao locador mas a produção da peça se localiza em instalações da Marinha.

Exemplos deste tipo de obtenção já existem no mercado, por exemplo, a empresa *Shapeways*, empresa líder em mercado de produção aditiva, permite impressão 3D por utilizadores individuais ou por parcerias com empresas, para a produção de peças. Esta empresa, produz cerca de 200.000 peças mensalmente (PwC, 2017) e tem parcerias com empresas como a Google, a Disney e a Target (Baumwell, 2014; Carine, 2014; Wiggers, 2015).

Este modelo é especialmente importante visto a idade avançada que os sistemas da Marinha possui, incluindo sistemas cujos componentes são considerados obsoletos e, as especificidades em contratação exigidas à organização. Deste modo, é considerado o *outsourcing* como solução em redução de *lead-times* para aquisição de peças, tal como para a redução dos custos aquisitivos de novas peças.

2.2.3 Síntese conclusiva

Tendo este subcapítulo como objetivo a tentativa de encontrar um possível modo de responder à PD 1, é importante perceber então como é que a Marinha pode adotar a impressão 3D.

Inicialmente, foi utilizado o *framework* proposto pela *Delloite Univerity Press*, de modo a perceber quais seriam os caminhos a seguir por parte da Marinha. Deste modo, e sendo as motivações no setor da defesa a redução de custos e de aumento de velocidade e eficiência, isto traduz-se num caminho que não apresenta impacto no produto mas sim, nas cadeias de abastecimento, mesmo que esse impacto seja baixo, o que implica o seguimento do *Path I* ou *Path II*.

Com a visão de uma possível integração que não afete os produtos, mas sim as cadeias de abastecimento, têm que ser tomados em conta os diferentes tipos de obtenção que podem ser aplicáveis à Marinha, ou seja, uma produção própria ou através de *outsourcing*.

Desde modo, a impressão 3D pode ser adotada na Marinha, com uma visão de aumento da sua *performance* sem afetar os seus produtos, sendo que é imperativo considerar os diversos tipos de obtenção, tal como os impactos que serão seguidamente analisados, de modo a adotar a impressão 3D no sentido de extrair os melhores resultados para a organização.

2.3 Impacto da impressão 3D na Marinha

Após ter sido verificado em que âmbito poderá a Marinha adotar a impressão 3D, tal como os tipos de obtenção que podem ser concorrentes para esta ser adotada de uma forma harmoniosa, é necessário compreender quais os impactos que esta poderá ter na organização.

De modo a conseguir perceber os impactos que a impressão 3D poderá ter, será utilizada a cadeia de valor de Porter³⁰, doravante designada por cadeia de valor, visto que esta é uma ferramenta para analisar as fontes de vantagem competitiva (Porter, 1985). A cadeia de valor desagrega a organização nas suas atividades estrategicamente relevantes e, deste modo, permitirá uma análise dos impactos que a impressão 3D poderá ter para a Marinha Portuguesa.

Neste capítulo será analisado o impacto que a impressão 3D poderá ter em cada uma dessas atividades, incidindo sobre os tipos de obtenção referidos anteriormente, sempre com a imperativa estratégica de aumento de *performance* e, com impacto nas cadeias de abastecimento da organização.

2.3.1 Análise de impactos por tipo de obtenção

A análise da cadeia de valor, tal como as definições importantes para a compreensão da presente análise de impactos, consta em anexo B.

Os impactos que a impressão 3D poderá trazer para a Marinha dependem do tipo de obtenção (fabricação própria ou *outsourcing*) que seja adotada como referido no capítulo 2.2.2. Deste modo, utilizando a cadeia de valor, será efetuada uma análise aos impactos que os diversos tipos podem trazer à Marinha.

Assim, a análise será efetuada por atividade, tentando perceber que alterações ou preocupações é que a organização terá. Para tal, irá iniciar-se pelas atividades de suporte, em que dentro de cada atividade será abordado cada tipo e referido o seu impacto.

2.3.1.1 Atividades de suporte

2.3.1.1.1 Infraestruturas

Sendo as infraestruturas uma componente transversal à organização e que está inserida em todo o funcionamento da mesma, esta está desenvolvida de um modo maturo

³⁰ Michael Eugene Porter, nascido a 23 de maio de 1947, é professor na *Harvard Business School*, economista, investigador, conselheiro, autor e orador. Porter é especialmente reconhecido pelos seus trabalhos nas áreas da economia tal como estratégia e competição das organizações. Possui vinte e quatro doutoramentos honorários, tal como diversas distinções (Harvard Business School, n.d.).

apesar de, se inserida a impressão 3D nos processos da Marinha, esta necessitará de sofrer alterações.

Todas as componentes da infraestrutura organizacional que são transversais a várias atividades, necessitam de incorporar também as necessidades para a garantia da gestão da impressão 3D, sendo que as consideradas mais importantes neste âmbito, são o planeamento, a legalidade, os sistemas de controlo e a estrutura organizacional.

a) Fabricação Própria – Centralizada

- Planeamento:

O planeamento deve ter em conta a capacidade de produção da impressão 3D, apesar de esta tecnologia conseguir diminuir os *lead times* em larga escala, as capacidades produtivas demoram tempo considerável a conseguir produzir a peça o que pode gerar tempos de espera.

- Legalidade:

A impressão 3D constitui um desafio bastante relevante em aspetos legais, visto que o próprio paradigma ainda não está completamente esclarecido, especialmente no que concerne à propriedade intelectual.

Posto isto, é de grande relevância que todas as produções efetuadas por parte da Marinha, não coloquem em causa a propriedade intelectual dos produtos, seja pela impressão de produtos que não estejam abrangidos por estas regras ou, pela compra de direitos de produção ao detentor da patente.

Deste modo, os produtos que são colocados à disposição para produção nas prateleiras digitais, devem ter a garantia que não constituem problemas legais para a organização.

- Sistemas de controlo:

Possuindo os esquemas digitais das peças a serem impressas, é necessário garantir que estas não sofrem alterações indesejadas, pois uma alteração a uma peça pode comprometer um sistema completo e, a missão de um navio. Assim sendo, é necessário garantir que as impressões são efetuadas com modelos digitais aprovados superiormente e, com segurança digital, não sendo vulneráveis a ataques informáticos ou alterações acidentais.

Algumas peças no âmbito militar são consideradas peças de armamento, ou seja, a disseminação dos modelos digitais para mercados negros, permite a quem tenha acesso às

mesmas, com uma impressora similar, construir as mesmas peças e, diminuir a vantagem competitiva existente nas forças armadas mais avançadas, deste modo, acresce um perigo não existente com a produção tradicional e, mais uma exigência de controlo para garantir que os modelos digitais das peças não são furtados.

- Estrutura organizacional:

De modo a conseguir adotar esta tecnologia de um modo centralizado, a organização necessita de criar infraestruturas capacitadas para este tipo de produção, com ambientes controlados, tal como inserir na própria estrutura da organização, serviços que sejam competentes por este tipo de produção ou, alterar as próprias competências de serviços existentes.

Deste modo, para uma produção centralizada, esta deverá localizar-se na Divisão Operacional e Técnica (DOT) da Direção de Abastecimento (DA) devido às suas incumbências de abastecimento das unidades da Marinha ou, no Serviço de Apoio a Navios (SAN) da Esquadilha de Navios de Superfície, de modo a manter a capacidade produtiva de manutenção de 2º escalão e produção de peças centralizada (Sousa, 2018).

b) Fabricação Própria – Descentralizada

- Planeamento:

O planeamento da produção de peças descentralizada depende essencialmente de fatores de fornecimento de matéria-prima às unidades subordinadas, de modo a que estas garantam a sua capacidade de produção de peças para utilização própria.

Deste modo, os organismos abastecedores necessitam de garantir o cumprimento, de abastecer em tempo, quantidade e, no local, as matérias necessárias tendo que, para isto, recorrer a cadeias de abastecimento tradicionais.

- Legalidade:

De um modo semelhante à produção centralizada, as questões de propriedade intelectual são bastante importantes, sendo que têm que ser definidas regras transversais a todas as unidades produtivas para a produção de peças, de modo a não infringir quadros legais em vigor.

- Sistemas de Controlo:

Sendo a produção efetuada de um modo descentralizado, os sistemas serão muito mais vulneráveis e, para isto, necessitam de um controlo acrescido.

A passagem de modelos digitais das prateleiras centralizadas da organização, para unidades que podem estar a milhares de milhas de distância depende da capacidade de transportar a informação para o local, sendo que esta tem que garantir um controlo do modelo de modo a que quando um navio utilize estes modelos, garanta que a peça a ser produzida está em conformidade com os requisitos de utilização dos seus sistemas.

- Estrutura organizacional:

A estrutura organizacional na produção descentralizada não sofrerá grande impacto, dado que apenas se traduz num acréscimo de incumbências, não numa reformulação interna da organização.

c) *Outsourcing*

- Planeamento:

O planeamento de atividades de *outsourcing* sobre as infraestruturas não implica grandes necessidades de mudanças organizacionais, visto que este tipo de produção assenta mais sobre processos contratuais e, as necessidades da Marinha devem vir contratualizadas com os fornecedores dos serviços.

Como nem todos os produtos podem ser impressos em 3D, ou trazem vantagens, o planeamento tinha que contemplar ainda uma dependência de grande escala a cadeias de abastecimento tradicionais.

- Legalidade:

A legalidade, tal como referido anteriormente, apresenta-se como uma questão de bastante preponderância, devendo ser tomada em consideração de modo a não enviar para o fornecedor de serviços modelos cujas questões de propriedade intelectual não estão devidamente garantidas.

- Sistemas de Controlo:

Os sistemas de controlo necessitam de garantias de modo a atestar que a empresa ao qual os serviços são contratados, não explora os modelos enviados pela Marinha para o seu próprio interesse ou, os venda ao mercados externos.

De maior importância, é fundamental que as peças quando chegam à organização, sofram testes de modo a garantir a sua qualidade, tal como os contratos exijam especificações técnicas que delimitem os parâmetros de qualidade para as próprias peças.

- Estrutura organizacional:

A organização apenas teria que possuir os seus armazéns digitais devidamente preparados, de modo a enviar para os respetivos fornecedores os modelos para receber a peça.

O processo aquisitivo, para o pessoal da Marinha, seria bastante tradicional, visto que a produção não se localizava *in-house*, ou seja, a diferença entre este método e o método atualmente utilizado seria o envio do modelo digital, pois a receção quantitativa e qualitativa seria efetuada, tal como é efetuada atualmente.

2.3.1.1.2 Gestão de recursos humanos

a) Fabricação Própria – Centralizada

A gestão do pessoal é um grande desafio visto que estes necessitam de ser recrutados em tempo, ter a formação e treino imprescindível para operar com estes equipamentos, tal como a retenção do pessoal qualificado.

A produção de um modo centralizado, implica a criação de um grupo de trabalhadores especializados em impressão 3D, devendo este grupo ser proficiente em diversas técnicas e tipos de produção, o que implicaria dar apoio às unidades requisitantes na modelação, verificação da qualidade nos modelos digitais, tal como a produção das mesmas peças e pós processamento, de modo a conseguir entregar à unidade requisitante a peça, no menor tempo possível.

b) Fabricação Própria – Descentralizada

A produção descentralizada necessita, comparativamente com a centralizada, da criação de uma força de trabalho muito superior que consiga operar com impressoras 3D. Esta força de trabalho necessita de unidades de 3 componentes principais (Sousa, 2018):

- Formação: Escola Naval e Escola de Tecnologias Navais.
- Suporte: Direção de Abastecimento e Direção de Navios.
- Utilizador final: Comando Naval.

A parte da formação gera ensino inicial e formação continua nos respetivos militares das áreas técnicas que podem vir a operar com estas tecnologias.

A função de suporte é de extrema importância pois permite apoiar os utilizadores para a impressão 3D, garantir as especificações técnicas do material desejado, e atestar os modelos.

O utilizador final necessita de estar envolvido no projeto pois, estes são quem vão construir modelos, imprimir as peças, coloca-las onde necessário e, utilizar os equipamentos.

c) *Outsourcing*

O *outsourcing*, comparativamente com os outros tipos de obtenção, é o que possui menos impacto em questões de gestão de pessoal, pois a produção está no fornecedor e não na organização.

Este tipo de obtenção necessita apenas de pessoal com as competências para efetuar a receção qualitativa das peças.

2.3.1.1.3 Desenvolvimento tecnológico

a) Fabricação Própria – Centralizada

O desenvolvimento tecnológico, sendo aplicado centralmente, implica uma implementação grande de uma capacidade, a larga escala, num determinado local, de modo a produzir os produtos necessários.

Os produtos serão produzidos e pós processados nesse local e, os processos serão desenvolvidos em concordância, traduzindo-se num grande impacto tecnológico na organização.

b) Fabricação Própria – Descentralizada

De modo semelhante à produção centralizada, o desenvolvimento tecnológico será bastante desenvolvido mas, de modo contrário, não será apenas num local mas em diversos locais ao longo das cadeias de abastecimento da Marinha.

Deste modo, o impacto tecnológico será também bastante elevado, não apenas num local, mas sim, ao longo da organização.

c) *Outsourcing*

O desenvolvimento tecnológico em *outsourcing*, é o que traz menos impacto à organização visto que a tecnologia não é própria, os processos não são produzidos internamente, nem os produtos, sendo que apenas a constituição de armazéns digitais dos

produtos é que pode ser considerado um desenvolvimento tecnológico por parte da organização.

2.3.1.1.4 Procurement

O *procurement* refere-se à função de comprar *inputs*, e não aos *inputs* comprados especificamente, ou seja, não se refere à máquina, consultadoria, matérias-primas compradas, mas sim a processo de adquirir estas, como a relação com fornecedores, negociação de preços e acordos com clientes.

a) Fabricação Própria – Centralizada

O *procurement* na fabricação própria centralizada apenas incide na componente de compra de matéria-prima, pois é o único componente preponderante presente na função de comprar *inputs* para a impressão 3D.

b) Fabricação Própria – Descentralizada

O *procurement* na fabricação própria descentralizada apenas incide na componente de compra de matéria-prima, visto ser o único componente preponderante presente na função de comprar *inputs* para a impressão 3D.

c) *Outsourcing*

O *outsourcing* é, em larga escala, dependente de relações com os clientes e, sendo estes, neste caso, a produzir as peças que a Marinha utilizaria, deste modo, o impacto que estes podem trazer para a adoção de produção aditiva por parte da organização, será de bastante relevância e terá que ser bastante acautelada através da criação de parcerias para a produção dos produtos necessários pela Marinha.

Análise de impactos por tipo de obtenção			
Atividades de suporte	Fabricação própria		<i>Outsourcing</i>
	Centralizada	Descentralizada	
<u>Impacto</u>			
Infraestruturas	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Planeamento</u>: Planear as produções, de modo a conseguir entregar peças rapidamente; • <u>Legalidade</u>: Garantir que as peças pedidas não infringem questões de propriedade intelectual; • <u>Sistemas de controlo</u>: Garantir a segurança das prateleiras digitais; • <u>Estrutura organizacional</u>: Centralizar na DOT e/ou no SAN. 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Planeamento</u>: Garantir a existência constante de matéria-prima, nos centros de produção; • <u>Legalidade</u>: Garantir que as peças produzidas não infringem questões de propriedade intelectual; • <u>Sistemas de controlo</u>: Garantir a qualidade do modelo digital, desde que este sai da prateleira digital para o centro de produção; • <u>Estrutura organizacional</u>: Será traduzida num acréscimo de competências. 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Planeamento</u>: Contratualização prévia de serviços com um fornecedor; • <u>Legalidade</u>: Garantir que todos os modelos enviados para os fornecedores, não infringem questões de propriedade intelectual; • <u>Sistemas de controlo</u>: Garantir que as peças que chegam dos fornecedores são testadas; • <u>Estrutura organizacional</u>: Apenas será necessário constituir as prateleiras digitais com modelos.
<u>Impacto</u>			
Gestão de recursos humanos	Criar um grupo de trabalhadores especializados.	Garantir uma força de trabalho proficiente em 3 componentes: Formação (EN e ETNA), Suporte (DA e DN) e, utilizador final (COMNAV).	Garantir que existe pessoal para receção qualitativa.
<u>Impacto</u>			
Desenvolvimento tecnológico	Necessário constituir armazéns digitais com os modelos; Implementação de várias tecnologias de impressão 3D, num único local.	Necessário constituir armazéns digitais com os modelos; Implementação de tecnologias 3D em diversos locais da organização.	Necessário constituir armazéns digitais com os modelos.
<u>Impacto</u>			
Procurement	Apenas incidente na compra de matéria-prima.	Apenas incidente na compra de matéria-prima.	Criação de parcerias com fornecedores de serviços de impressão 3D.

Tabela 3: Resumo e impactos das atividades de suporte.

2.3.1.2 Atividades primárias

2.3.1.2.1 Logística de entrada

a) Fabricação Própria – Centralizada

No que concerne à logística de entrada, a fabricação centralizada é a que possui menos impacto na adoção da impressão 3D por parte da Marinha. Atividades como a recepção, armazenamento e disseminação da matéria-prima para os pontos de produção da cadeia tornam-se bastante mais simplificadas ao centralizar os pontos de produção.

b) Fabricação Própria – Descentralizada

A fabricação descentralizada recorrendo a produção aditiva por parte da Marinha, possui um grande impacto na logística de entrada pois a matéria-prima necessita de ser distribuída ao longo da cadeia de abastecimento e não focalizada em apenas um ponto.

Neste âmbito é de grande relevância a criação de cadeias de abastecimento de matérias-primas de modo a que os pontos de produção, sendo estes em unidades em terra, unidades navais ou unidades destacadas, estejam sempre abastecidos de modo a conseguirem, prontamente imprimir os seus modelos digitais.

c) *Outsourcing*

A logística de entrada no *outsourcing* possui impactos bastante reduzidos nas cadeias de abastecimento da Marinha visto que, as cadeias para a formação dos produtos são inexistentes dentro da estrutura e, a entrada será apenas de produtos acabados ou semiacabados e não de matéria-prima para produção.

2.3.1.2.2 Operações

a) Fabricação Própria – Centralizada

A fabricação centralizada permite uma maior facilidade em transformar a matéria-prima em produtos acabados, garantindo a sua qualidade através de testes, tal como a manutenção dos equipamentos e a garantia do seu bom funcionamento.

Deste modo, o impacto que esta trará para a organização será médio.

b) Fabricação Própria – Descentralizada

A fabricação descentralizada traduz-se num grande esforço organizacional na capacidade de desempenhar operações para a transformação de matéria-prima em produtos acabados. Deste modo, todos os pontos de produção necessitam de capacidades de desempenhar as suas produções, ou seja, a produção em si, e o teste dos produtos.

O impacto gerado na organização será elevado.

c) *Outsourcing*

As operações em *outsourcing* não têm grande impacto, visto que a transformação da matéria-prima em produtos acabados não ocorre *in-house*, o que implica que o seu impacto será diminuto.

2.3.1.2.3 Logística de saída

a) Fabricação Própria – Centralizada

A fabricação própria, no que concerne à logística de saída, tem um médio impacto na organização pois, as suas necessidades são semelhantes às atuais. Os produtos após produzidos necessitam de ser colocados no consumidor final, o que implica as cadeias já presentes e com um processo já consolidado.

b) Fabricação Própria – Descentralizada

Sendo que o ponto de produção é simultaneamente o ponto de consumo, tal não implica um impacto relevante na logística de saída, pois permite que os consumidores sejam os produtores e não seja necessária uma rede de transportes em grande escala de modo a transportar o bem para o consumidor final.

c) *Outsourcing*

O *outsourcing*, em termos de logística de saída, implica um esforço logístico desde o momento que o produto acabado entra nos armazéns para a expedição para as unidades dependentes. Este processo já é o utilizado atualmente pela Marinha, mas implica um impacto médio na gestão da logística de saída da organização.

2.3.1.2.4 Marketing e vendas

Sendo que a utilização da impressão 3D por parte da Marinha apenas servirá para consumo próprio, esta não necessita de ter a atividade de *Marketing* e Vendas desenvolvida, pois as unidades dependentes irão usar e aproveitar a tecnologia de modo a extraírem o máximo de vantagens que conseguirem.

2.3.1.2.5 Serviços

a) Fabricação Própria – Centralizada

A centralização permite uma fácil manutenção e oferta de peças de modo a manter as capacidades de impressão 3D, sendo médio o impacto que os serviços trazem para a organização no âmbito da produção aditiva.

b) Fabricação Própria – Descentralizada

A produção descentralizada traduz-se num impacto elevado pois a necessidade de peças, manutenção e serviços gerais para a impressão 3D é bastante grande de modo a conseguir prestar os serviços, por vezes a centenas de milhas de distância.

c) *Outsourcing*

Como a produção não é localizada na Marinha, esta não é responsável pelos próprios serviços a prestar nas impressoras e equipamentos de pós-processamento, o que se traduz num baixo impacto.

Análise de impactos por tipo de obtenção			
Atividades primárias	Fabricação própria		<i>Outsourcing</i>
	Centralizada	Descentralizada	
<u>Impacto</u>			
Logística de entrada	Facilmente gerida, visto existir apenas um ponto de entrada.	Necessário garantir a distribuição de matéria-prima para os centros de produção.	Não causa qualquer impacto, visto que a receção de peças já se processa.
<u>Impacto</u>			
Operações	Produção, controlo e manutenção de equipamentos exclusivamente feita num local.	Produção, controlo e manutenção de equipamentos é feita em toda a organização.	As operações não ocorrem <i>in-house</i> .
<u>Impacto</u>			
Logística de saída	Necessário fornecer os produtos aos clientes.	Os produtores são os próprios consumidores.	Necessário fornecer os produtos aos clientes.
<u>Impacto</u>			
Marketing e Vendas	Nenhum impacto.	Nenhum impacto.	Nenhum impacto.
<u>Impacto</u>			
Serviços	Fácil manutenção, devido à centralização dos equipamentos.	Difícil manutenção, devido à dispersão da tecnologia nos centros de produção.	Nenhum impacto.

Tabela 4: Resumo e impactos das atividades primárias.

2.3.2 Síntese conclusiva

Com os diversos tipos de obtenção analisados e os impactos que podem trazer para a Marinha a adoção de cada um deles, estes devem ser adaptados dependendo das suas necessidades e dos seus objetivos.

Os impactos anteriormente apresentados em cada atividade estratégica são diferentes e, devem ser vistos como sendo aplicáveis apenas à Marinha. Com os caminhos a seguir, os tipos de adoção e os impactos conhecidos, é possível começar a tentar introduzir a tecnologia na organização seguindo passos fundamentais para a sua implementação.

Seguidamente será apresentado o *framework* proposto no âmbito desta dissertação. Neste serão principalmente referidos os tipos de obtenção de fabricação própria, pois são os que traduzem mais alterações na organização e, requerem mais análise, estudo e reestruturação por parte da própria organização.

2.4 Implementação da impressão 3D pela Marinha Portuguesa

O gasto de recursos financeiros públicos, implica a necessidade de tomar decisões com orçamentos limitados, dependendo assim a implementação da impressão 3D, de um estudo de viabilidade criterioso e ponderado.

Este subcapítulo tem como objetivo a resposta à pergunta de partida com a criação de um *framework*, explicando os passos necessários de modo a que a Marinha possa tomar uma decisão informada e sustentada em relação à adoção desta tecnologia.

O *framework* que será seguidamente apresentado tem como base, com as devidas adaptações, as abordagens de adoção propostas por Kuckelhaus & Yee (2016), Thewissen et al. (2016), Louis et al. (2014) e Halmes & Pierreu (2014).

2.4.1 Os passos do *framework*

Antes de uma organização poder capitalizar com a adoção da impressão 3D, esta deverá seguir alguns passos para conseguir atingir o sucesso quando inserirem esta tecnologia nos seus processos organizacionais (Halmes & Pierreu, 2014).

Neste âmbito, o *framework* para atingir as conclusões necessárias sobre a adoção da impressão 3D, engloba 7 componentes principais:

2.4.1.1 Atingir consciencialização organizacional

A consciencialização organizacional, visa aumentar o nível de conhecimento dos *stakeholders*, permitindo assim começar a perceber qual o potencial que a impressão 3D possui (Thewissen et al., 2016).

Deste modo, a consciencialização engloba três componentes essenciais: a tomada de conhecimento da tecnologia; a abertura da organização em adotar novas tecnologias e alterar os seus processos; e, tomada de conhecimento das vantagens, tal como o estado da arte da mesma.

a) Tomar conhecimento da tecnologia

Antes de a organização tomar consciencialização de como a impressão 3D poderá afetar a mesma, esta tem que conhecer o que é a impressão 3D, como se processa a produção aditiva, o que pode produzir, em que materiais, entre outros.

Geralmente, este conhecimento inicial advém de um primeiro contacto da organização com esta tecnologia e, que potencializa o interesse pela mesma.

b) Estar aberto à utilização de novas tecnologias

Após a organização ter conhecimento da tecnologia, esta precisa de ter capacidade de a interpretar como um potencial aspeto diferenciador da sua organização. Deste modo, se a organização, ou os sujeitos responsáveis, não estiverem disponíveis para a adoção de novas tecnologias, com as respetivas alterações, a adoção e consciencialização da organização não serão possíveis para utilizar as mesmas tecnologias.

Deste modo, este ponto refere-se à resistência à mudança por parte das organizações, o que implica a reformulação ou reestruturação dos seus aspetos organizacionais. Caso a organização esteja aberta à mudança, pode então continuar a estudar as potencialidades da mesma.

c) Tomar conhecimento das vantagens e estado da arte da tecnologia

Após tomar conhecimento de como funciona a tecnologia e, de estar aberto ao seu estudo e potencialidades, a organização deve tomar conhecimento geral das vantagens que poderão advir da tecnologia para o mercado em geral, quais as suas potencialidades e qual o seu atual modo de adoção, para além dos métodos produtivos, entre outros.

Deste modo, pode-se assumir que com as três características anteriormente descritas, a organização atingiu a consciência completa do que é a impressão 3D, pois tem conhecimento do seu funcionamento, estando também aberta ao seu estudo e percepção das suas vantagens, tal como o estado atual da mesma.

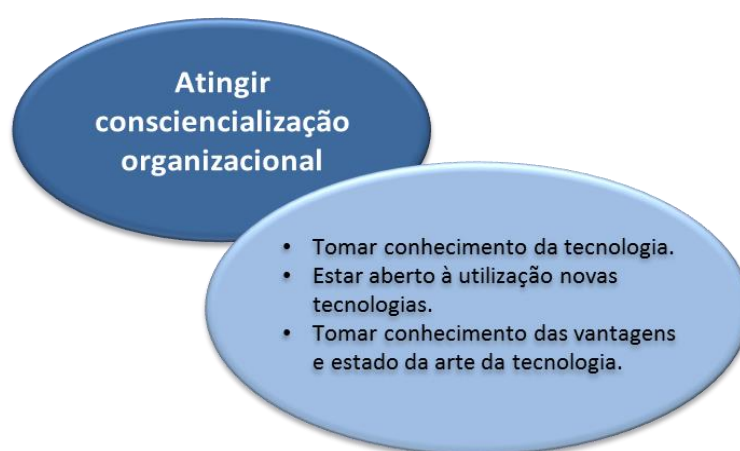


Figura 17: Atingir consciencialização organizacional.

2.4.1.2 Estabelecer uma iniciativa

De modo a que a impressão 3D consiga trazer resultados para a organização, esta necessita de estabelecer uma iniciativa que lhe permita compreender quais poderão ser os consequentes impactos para esta.

Esta iniciativa engloba 3 pontos essenciais: o primeiro é a percepção de como a impressão 3D pode afetar a organização, ou seja, de todas as vantagens e modos de implementação, percebendo como é que estes influenciam a organização em causa; seguidamente, terá que perceber como é que a organização pode adotar a impressão 3D; e, por fim, perceber quais os impactos que esta pode trazer no futuro da organização.

a) Perceber como é que a impressão 3D pode afetar a organização

A afetação que a impressão 3D pode trazer para a organização, pode ser verificada de diversos modos, através de comparações com marinhas de outros países, através de comparação com outras forças armadas, estudos sobre empresas no setor marítimo ou, ao

tentar perceber comparativamente a outras organizações, o que é aplicável num setor tão específico como o militar naval.

Deste modo, por comparação, o estudo de caso da marinha americana, permite perceber quais as áreas da organização que podem sofrer alterações e, quais os objetivos das alterações introduzidas.

b) Perceber como é que a organização pode adotar a impressão 3D

A organização necessita de compreender qual o caminho a seguir de modo a conseguir adotar a impressão 3D adequadamente com a atividade que desenvolve.

Desta forma, a limitação dos caminhos a adotar, permite à organização, determinar como é que deverá adotar esta tecnologia tendo sempre em conta as imperativas estratégicas de modo a conseguir aumentar os *drivers* de valor para a organização.

A organização também saberá quais os aspetos positivos e negativos dos vários tipos de obtenção que pode utilizar, por forma a introduzir esta tecnologia na mesma.

c) Perceber quais são os impactos futuros para a organização

Antes de implementar alterações, as organizações deverão ter consciencialização de que os processos a serem introduzidos vão moldar a sua organização e trazer impactos nesta. A previsão dos impactos futuros permite à organização perceber, consoante a sua aplicação, o que irá modificar futuramente e as vantagens que advirão desta aplicação.

Deste modo, o impacto da impressão 3D na Marinha, consoante os tipos de produção, permite uma consciencialização dos impactos que diversos tipos de produção diferentes podem trazer para a organização nas diversas atividades estrategicamente relevantes para esta.

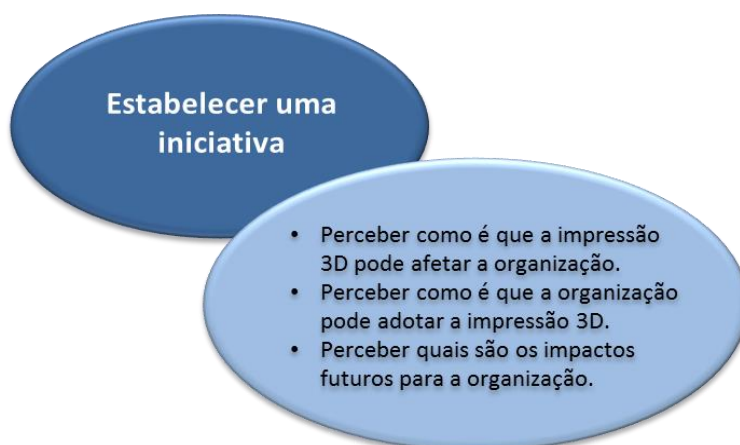


Figura 18: Estabelecer uma iniciativa.

2.4.1.3 Analisar produtos e capacidades da organização

Após a organização perceber como é que a impressão 3D pode afetar esta, modificando assim o seu futuro nos aspetos em que a decidir adotar, esta precisa de saber dois aspetos essenciais: os seus produtos e capacidades.

Inicialmente, a organização necessita de identificar quais os produtos que são possíveis de serem produzidos com esta tecnologia. Seguidamente, necessita de verificar quais são os produtos que se irão traduzir em vantagens para a organização em serem produzidos através de produção aditiva.

a) Identificação de produtos possíveis de produzir através de impressão 3D

A impressão 3D, no seu global, consegue produzir uma grande variedade de produtos, desde artigos para culinária, até peças para motores aeroespaciais. Deste modo, a organização necessita de delimitar o âmbito da sua produção aditiva, seja esta devido a tamanho das próprias peças, os produtos em que as peças são produzidas, entre outros.

Desta forma, é necessário que a Marinha considere como âmbito inicial, os artigos constantes na sua área de abastecimento e, posteriormente os restrinja dependendo das capacidades que queira adotar. Por exemplo, a alimentação está presente na área de abastecimento de Marinha, sendo possível produzir alguns artigos da área alimentar através de impressão 3D mas, esta deverá ser excluída devido à não necessidade de adquirir impressoras para este âmbito.

b) Identificação de produtos que adquirem vantagens ao ser produzidos através de impressão 3D

Após a identificação dos artigos que podem ser produzidos através de produção aditiva, estes devem ser sujeitos a identificação de possíveis vantagens. Esta identificação deverá verificar alguns indicadores considerados como mais relevantes como o retorno do investimento, redução de *lead-times*, qualidade da peça, entre outros.

Após esta identificação, a organização saberá quais são os produtos que consegue produzir com as capacidades que quer integrar tal como, as vantagens que vão advir futuramente na adoção desta tecnologia, sejam estas vantagens financeiras ou operacionais para a organização atingir os seus objetivos.

Após este passo, a organização sabe quais são os produtos que pode produzir e quais são as consequências futuras, tendo assim a primeira percepção se será vantajoso ou não adotar esta tecnologia.

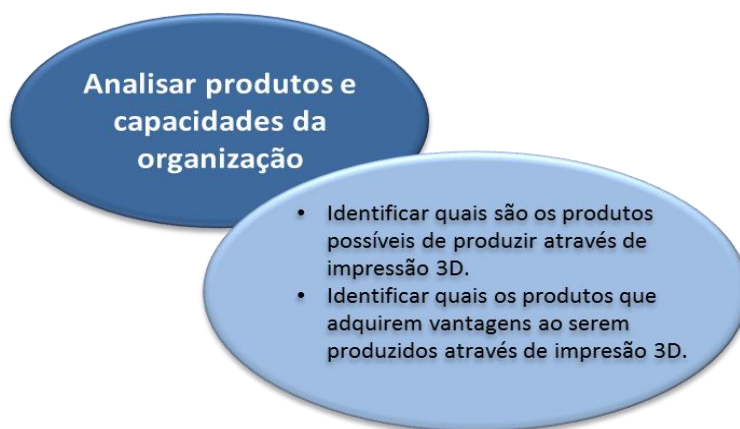


Figura 19: Analisar produtos e capacidades da organização.

2.4.1.4 Criar um quadro de referência de transformação para a impressão 3D

Após a organização perceber se será vantajoso adotar a tecnologia e os produtos que pode produzir, tal como os seus impactos, esta pode começar a preparar a adoção da tecnologia com um quadro de referência para a transformação para impressão 3D. Este engloba a orientação da organização para a adoção da impressão 3D; o desenho de planos de adoção a curto, médio e longo prazo; os planos a estruturação e mudança organizacional; tal como os indicadores necessários para acompanhar a adoção e avaliar os resultados.

a) Orientar a organização para a adoção da impressão 3D

A organização necessita, para adotar a impressão 3D, de se orientar para conseguir adotar positivamente a impressão 3D, envolvendo para isto, as pessoas, os serviços e toda a envolvente organizacional.

Para orientar a Marinha para esta adoção, é necessária uma formação da pessoal adequada (dependendo do tipo de adoção escolhido), tal como o desenvolver das capacidades e consciencialização global do que a impressão 3D é, sendo esta um elemento facilitador e positivo para a integração desta tecnologia na organização.

A envolvente organizacional, ou seja, os serviços, os regulamentos internos, as orgânicas, deverão começar a ser alvo de orientação para a adoção da impressão 3D.

b) Desenhar planos a curto, médio e longo prazo para a adoção de impressão 3D

De modo a conseguir transformar a organização para a adoção da impressão 3D, esta necessita de criar planos para estruturar o rumo para efetivar o uso desta tecnologia. Estes planos definem os objetivos a atingir nos diversos prazos, tentando corrigir e orientar a organização de modo a cumprir com o foco planeado.

A curto prazo devem ser criadas as primeiras ações de modo a garantir a adoção da tecnologia, como por exemplo a formação inicial de elementos chave, aquisição de equipamentos, entre outros.

A médio prazo, a organização deve focar-se na consolidação dos conhecimentos de pessoal, melhorias dos sistemas tecnológicos (nomeadamente consolidação de bases de dados dos modelos, meios de informação, entre outros.), garantia de começar a mudar a organização de modo a que a impressão 3D seja introduzida nos processos normais, como por exemplo a compra dos modelos quando se compra as peças, entre outros.

A longo prazo, o foco principal deverá ser a introdução da impressão 3D como uma tecnologia que esteja presente na rotina dos militares e sistemas da Marinha, englobando isto uma estabilização da doutrina sobre esta tecnologia fortemente consolidada, a organização reestruturada para englobar todas as componentes que possam ser introduzidas, o pessoal formado de base de modo a conseguir operar e funcionar com esta tecnologia, entre outros.

c) Desenhar a estruturação e mudança organizacional para adotar a impressão 3D

Após os planos serem estabelecidos, a organização necessita de os estruturar num mapa para a mudança que, deste modo, criará um desenho de como será o processo desenvolvido, tomando em conta as etapas, pontos principais e, todo o sistema de adoção plena desta tecnologia.

d) Desenhar mapa de indicadores de gestão relevantes para acompanhar a adoção da impressão 3D

Os indicadores de gestão servem para as organizações verificarem os graus de cumprimento das metas colocadas, deste modo, a adoção da impressão 3D necessitará de ter as suas metas e objetivos para se verificar a efetividade da sua implementação, tal como se os resultados que estão a ser produzidos são os que a organização necessita e deseja.

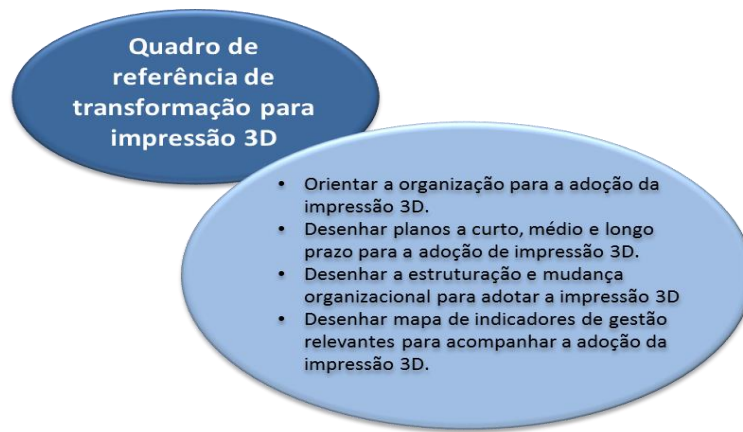


Figura 20: Quadro de referência de transformação para impressão 3D

2.4.1.5 Realizar projeto piloto

A organização após desenvolver todos os processos anteriormente descritos possui uma base teórica dos processos a serem desenvolvidos, desde a consciencialização da organização para que se conheça a tecnologia, a iniciativa para saber como pode adotar esta, a análise interna para saber o que pode produzir, tal como o quadro de referência de transformação para impressão 3D o que permite saber à organização como terá que ser organizada, as etapas e os objetivos a atingir.

Nesta etapa, a organização irá realizar um projeto piloto de modo a servir de base para a compreensão da adoção prática da impressão 3D na organização. O objetivo desta etapa é a primeira aplicação deste tipo de tecnologia, de modo a que sejam retiradas conclusões e lições aprendidas para a aplicação da produção aditiva na organização.

Esta etapa conta com as seguintes fases: Adoção da impressão 3D, por amostragem, dos produtos e capacidades anteriormente identificados; Analisar os impactos que a produção das peças por impressão 3D pode efetuar; Realizar *Business Case Analysis* (BCA); Implementar o projeto piloto; Retirar conclusões.

- a) Adoção da impressão 3D, por amostragem, dos produtos e capacidades anteriormente identificados

Neste âmbito, conforme referido na análise dos produtos e capacidades da organização, nem todas as peças são suscetíveis de ser produzidas através de produção 3D, sendo resultante desta análise, os produtos suscetíveis da área de abastecimento para serem produzidos com vantagens para a organização. Com esta base, deve ser retirada uma amostra para ter como produtos para o projeto piloto.

b) Analisar os impactos que a produção das peças por impressão 3D pode efetuar

Com os artigos para o projeto piloto selecionados, deverá ser efetuada uma análise das peças atuais para poderem ser efetuadas comparações, devem ser efetuados os modelos digitais e, analisar os possíveis impactos tecnológicos e de funcionamento que a produção 3D pode ter comparativamente com a produção tradicional.

c) Realizar *Business Case Analysis*

Após serem analisados os impactos tecnológicos que podem ser obtidos, é necessário quantificar os custos e possíveis poupanças, calcular retornos de investimento, estimando assim o tempo necessário a que o investimento esteja completo, tal como retornos operacionais para a organização, incluindo assim a redução dos tempos necessários para abastecer as unidades dependentes, tal como desenhar o plano de gestão de risco, permitindo assim, que quando as peças forem produzidas, tenham um meio de comparação com valores estimados.

d) Implementar o projeto piloto

As peças tendo sido selecionadas e quantificadas através de impactos tecnológicos e de funcionamento, tal como financeiros e operacionais, têm assim uma base de comparação para poderem ser produzidas e os resultados da sua produção serem analisados com valores estimados anteriormente.

Deste modo, nesta fase, o projeto piloto será implementado segundo o plano delimitado e as peças serão produzidas para análise do projeto piloto.

e) Retirar conclusões

Após as peças serem produzidas e analisadas, os sucessos e lições aprendidas são documentados e, os ajustes necessários à implementação da produção aditiva são efetuados.

As análises dos *Key Performance Indicators* (KPI) criados no quadro de referência, análise da relação entre valores estimados e reais, geram os resultados dos impactos produzidos através da implementação e deverão ser utilizados para cálculos de retorno de investimentos, tal como de impactos operacionais.

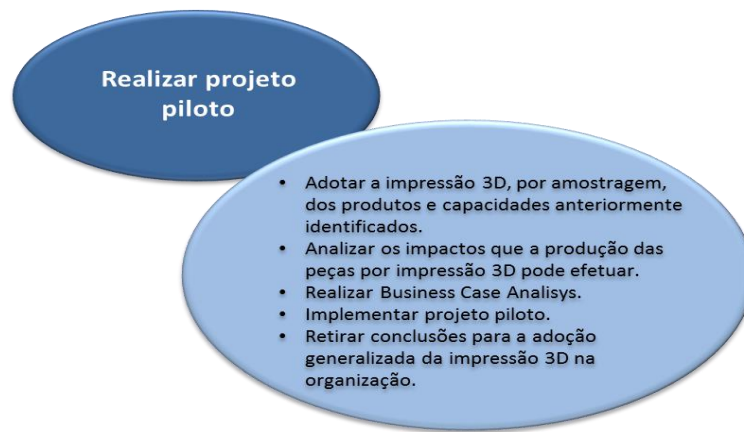


Figura 21: Realizar projeto piloto.

2.4.1.6 Modificar a organização

Após a implementação do projeto piloto, e as suas conclusões retiradas, os planos de implementação podem ser alterados para abordar a implementação plena da tecnologia na organização.

A organização deve então, com os novos planos de introdução da tecnologia, modificar os seus aspetos necessários para conseguir implementar a mesma. Esta alteração deve contemplar as competências fundamentais a serem adquiridas, quem são os elementos fundamentais para a utilização desta tecnologia, como e onde será introduzida esta nova tecnologia, tal como quaisquer outros aspetos considerados necessários para compreender o que é necessário para mudar a estrutura organizacional.

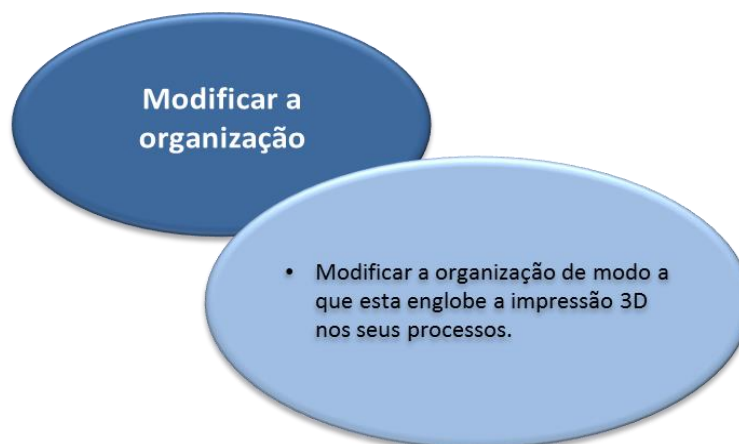


Figura 22: Modificar a organização.

2.4.1.7 Implementar a tecnologia

A implementação da tecnologia, após o cumprimento de todos os passos do *framework*, será a sua fase final que apenas necessita de aplicar os conhecimentos adquiridos através do projeto piloto, na organização já modificada, a todos os produtos já obtidos da área de abastecimento, que possam ser concorrentes para uma boa adoção desta tecnologia.

A implementação da tecnologia deverá ser continuamente acompanhada para existir gestão da mudança, de modo a que esta seja compreendida e aceite pela organização, introduzida nos seus processos e, consiga gerar sucesso desde as suas fases iniciais, até se tornar numa tecnologia de utilização normal e regular.

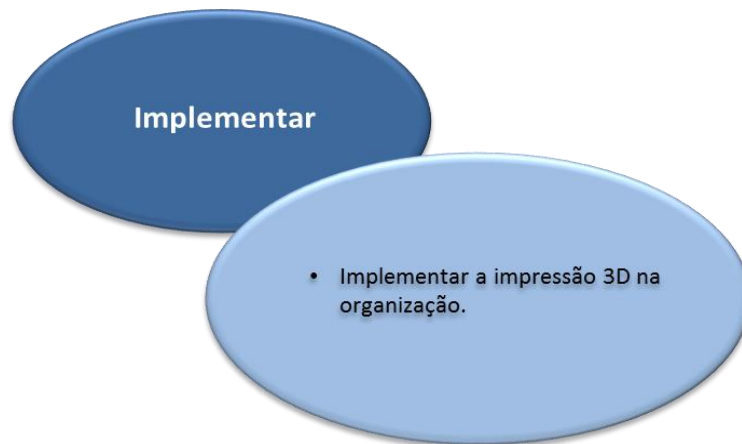


Figura 23: Implementar a tecnologia.

2.4.2 Síntese conclusiva

Após terem sido analisados todos os passos do *framework*, este, como um todo³¹, traduz-se como a forma de a Marinha adotar a impressão 3D, sendo assim uma possível resposta à pergunta de partida “De que forma a Marinha pode implementar a impressão 3D”.

As vantagens da adoção deste processo traduzem-se no cumprimento de todos os passos necessários para que a impressão 3D seja implementada de uma forma plena e positiva na organização.

³¹ *Framework* de adoção completo consta em anexo C.

3. Conclusão

A impressão 3D consegue trazer disrupções em larga escala para as organizações, alterando modelos de negócio e estruturas organizacionais. Embora o seu impacto e desenvolvimento ainda não tenham atingido o seu estado de maturidade, na atualidade, já existem vários exemplos de organizações que atingem vantagem competitiva com esta tecnologia. Deste modo, a presente dissertação tem como objetivo apresentar o método como a Marinha poderá implementar a impressão 3D, atribuindo possíveis respostas para a pergunta de partida e perguntas derivadas propostas.

Na presente dissertação, inicialmente foi observado que através do *framework* proposto pela *Deloitte University Press*, que contém quatro possíveis caminhos, apenas dois são os possivelmente aplicáveis à Marinha devido ao seu reduzido impacto nos produtos. Seguidamente, foram analisados os tipos de obtenção de modo a melhor perceber como é que a organização poderia obter peças produzidas em 3D. Estes dois resultados obtidos traduzem-se na resposta à pergunta derivada 1, explicando como poderá a Marinha adotar a impressão 3D.

Posteriormente, foi feita uma análise utilizando a Cadeia de Valor de Porter, mostrando os diferentes impactos para os tipos de obtenção referidos anteriormente. Estes afetam as atividades estrategicamente relevantes de diferentes maneiras e, por isto, a adoção por parte da Marinha, deve ter em consideração o diferente impacto que cada tipo de obtenção engloba. Ao utilizar a Cadeia de Valor, é possível atribuir uma resposta à pergunta derivada 2, indicando os impactos que a impressão 3D pode trazer para a Marinha.

Após a atribuição de respostas às perguntas derivadas, foi criado um *framework* de adoção para a impressão 3D, de modo a desenhar o mapa de como a Marinha pode adotar esta tecnologia, percorrendo todas as fases de modo a executar uma adoção plena e adequada. Deste modo, a criação deste *framework* responde à pergunta de partida criada, mostrando de que modo pode a Marinha implementar a impressão 3D.

A impressão 3D muda organizações, modelos de negócio e é uma fonte de vantagem competitiva. Com o avançar da tecnologia, a sua adoção será mais transversal a todos os setores, não sendo exceção o da defesa. A Marinha necessita de estar atenta pois, estas tecnologias são possíveis disruptoras na área da manutenção e logística e, alteram a capacidade de resposta da organização, contribuindo para uma Marinha pronta e prestigiada, ao serviço de Portugal.

4. Bibliografia

- ALBERS, S. (2009). Book Review - Outsourcing: Design, Process, and Performance Cambridge. Cambridge: Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1177/0170840609103998>
- ANIWAA. (n.d.). Categories of 3D printing technologies and processes. Retrieved February 6, 2018, from <https://www.aniwaa.com/3d-printing-technologies-and-the-3d-printing-process/>
- APPLETON, R. W. (2014). *Additive manufacturing overview for the united states marine corps*.
<https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- ARTLEY, B. (n.d.). Automotive 3D Printing Applications. Retrieved August 3, 2018, from <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/automotive-3d-printing-applications>
- ATTARAN, M. (2017). The rise of 3-D printing : The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. *Business Horizons*.
<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.05.011>
- AUDETTE, M. A., JOVANOVIC, V., BILGEN, O., ARCAUTE, K., Dean, A. W., Engineering, V., & Studies, P. (2017). Creating the Fleet Maker : a 3D Printing-centered STEM Learning Environment for the Stimulation of Innovative Thinking and Empowerment of Sailors.
- BAUMWELL, B. (2014). Shapeways collaborates with Google on made with code initiative to inspire creativity through 3D printing. Retrieved May 1, 2018, from <https://www.shapeways.com/presscorner/press-release/6-19-2014-made-with-code>
- BEAN, Q., SNYDER, M. P., & DUNN, J. J. (2017). 3D Printing In Zero-G Technology Demonstration. https://doi.org/10.2514/6.2013-5439&SA=X&SCISIG=AAGBFM1B6WPTLFEC_RJHH9CIREQEXWSMLG&OI=SCHOLARALRT
- BHASIN, V., & BODLA, M. (2014). *Impact of 3D Printing on Global Supply Chains by 2020*. Massachusetts Institute of Technology.
- BHAVAR, V., KATTIRE, P., PATIL, V., KHOT, S., GUJAR, K., & SINGH, R. (2014). A review on powder bed fusion technology of metal additive manufacturing, (September). Retrieved from

https://www.researchgate.net/publication/285982651_A_review_on_powder_bed_fusion_technology_of_metal_additive_manufacturing%5Cnhttps://www.researchgate.net/profile/Valmik_Bhavar2/publication/285982651_A_review_on_powder_bed_fusion_technology_of_metal_addi

BUONAFEDE, F. (2017). *Additive manufacturing*. Politecnico di Milano.

BURROW, J., CULLOM, P., & DANA, M. (2017). *Department of the Navy Additive Manufacturing Implementation Plan* (Vol. 0).

CALADO, A. M. (2018). Diretiva Estratégica da Marinha 2018.

CANTON, C. (2014). Maersk uses 3D Printing for spare parts on ships. Retrieved December 21, 2017, from <https://www.think3d.in/maersk-3d-printing-for-spare-parts-on-ships/>

CARINE. (2014). Target Opens Up Shapeways Shop With Customizable, Exclusive 3D Printed Gifts for Your Holiday. Retrieved May 1, 2018, from <https://www.shapeways.com/blog/archives/18503-target-opens-up-shapeways-shop-with-customizable-exclusive-3d-printed-gifts-for-your-holiday.html>

CARMO, P. (2018). *Entrevista pessoal*. Alfeite.

COOPER, K. P. (2013). *The Future of Manufacturing is as Simple as Addition and a Little Subtraction* (Vol. 10).

COTTELEER, M. J. (2014). 3D opportunity: Additive manufacturing paths to performance, innovation, and growth. *SIMT Additive Manufacturing Symposium*, 23. Retrieved from http://simt.com/uploads/4881/SIMT_AM_Conference_Keynote.pdf

COYKENDALL, J., COTTELEER, M., HOLDOWSKY, J., & MAHTO, M. (2014). 3D opportunity in aerospace and defense: Additive manufacturing takes flight. *Deloitte University Press*.

CREAN, R. C. (2017). *Benchmarking DoD Use of Additive Manufacturing and Quantifying Costs*. Air Force Institute of Technology.

DAUGHERTY, Z. E. (2017). *Additive manufacturing solutions in the United States Marine Corps*. Naval Postgraduate School. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10945/56901>
Downloaded

DAWOOD, A., MARTI, B. M., SAURET-JACKSON, V., & DARWOOD, A. (2015). 3D

- printing in dentistry. *British Dental Journal*, 219(11), 521–529.
<https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2015.914>
- DEPARTMENT OF DEFENSE. (n.d.). DOD 101: Overview of the department of defense. Retrieved January 3, 2018, from <https://www.defense.gov/About/DoD-101/#Top>
- DNV GL. (2017). Additive manufacturing - qualification and certification process for materials and components.
- DOBBELAERE, D. (2016). *3D Printing and the Implications on Intellectual Property from a Belgian-European Perspective Master 's dissertation*. Ghent University.
- ERNST & YOUNG. (2016). *How will 3D printing make your company the strongest link in the value chain?* Alfeite.
- FEY, M. (2017). *3D Printing and international security: Risks and Challenges of an emerging technology*. Frankfurt.
- FIELDING, J., DAVIS, A., BOUFFARD, B., KINSELLA, M., DELGADO, T., WILCZYNSKI, J., ... WING, I. (2016). Department of Defense Additive Manufacturing Roadmap, (November), 36. Retrieved from <https://www.americamakes.us/wp-content/uploads/sites/2/2017/05/Final-Report-DoDRoadmapping-FINAL120216.pdf>
- FORBES. (2017). Forbes 2017 Global 2000. Retrieved March 13, 2018, from <https://www.forbes.com/global2000/#539ca490335d>
- FREEMAN, J., & PAOLI, G. P. (2015). Additive manufacturing and obsolescence management in the defence context.
- GE REPORTS STAFF. (2017). *5 Ways GE Is Changing The World With 3D Printing*. 2017. Retrieved from <https://www.ge.com/reports/5-ways-ge-changing-world-3d-printing/>
- GENSLER, L. (2017). The World's Largest Retailers 2017. Retrieved March 13, 2018, from <https://www.forbes.com/sites/laurengensler/2017/05/24/the-worlds-largest-retailers-2017-walmart-cvs-amazon/#37278a3820b5>
- GEORGIEV, P. (2016). 3D printing and naval architecture: A literature review.
- GIBSON, I., ROSEN, D. W., & STUCKER, B. (2015). Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid prototyping, and Direct digital manufacturing. *Johnson Matthey Technology Review*, (3), 193–198.

<https://doi.org/10.1595/205651315X688406>

- GRUNEWALD, S. J. (2016). The Rolls-Royce Phantom Now Has More Than 10,000 3D Printed Parts, BMW Looks to Expand Use Across Entire Line of Cars | 3DPrint.com | The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing. Retrieved December 21, 2017, from <https://3dprint.com/142364/3d-printed-parts-bmw/>
- GRYNOL, B. (2012). *Disruptive manufacturing - The effects of 3D printing*. Deloitte.
- HALMES, M., & PIERREU, L. (2014). Additive Manufacturing: The effects of 3D Printing. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/lu/Documents/manufacturing/lu-additive-manufacturing-3d-printing-31102014.pdf>
- HARVARD BUSINESS SCHOOL. (n.d.). Michael E. Porter. Retrieved March 5, 2018, from <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/profile.aspx?facId=6532>
- HICKEY, S. (2014). Chuck Hull: the father of 3D printing who shaped technology. Retrieved December 21, 2017, from <https://www.theguardian.com/business/2014/jun/22/chuck-hull-father-3d-printing-shaped-technology>
- HIETALAHTI, J., & KUOPPALA, S. (2009). *Outsourcing decision - motives, risks and decision factors*. Lappeenranta University of Technology.
- HULL, C. W. (n.d.). Charles W. Hull. Retrieved from <https://www.3dsystems.com/sites/default/files/downloads/3D-Systems-Charles-W-Hull-Executive-Bio.pdf>
- ISO/TC 261, & ASTM COMMITTEE F42. (2015). ISO/ASTM 52900:2015. Retrieved February 6, 2018, from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-astm:52900:ed-1:v1:en>
- JANSSEN, R., BLANKERS, I., MOOLENBURGH, E., & POSTHUMUS, B. (2014). The impact of 3D printing on supply chain management.
- JERMANN, M. (2013). Laminated Object Manufacturing: LOM. Retrieved August 3, 2018, from <https://www.makepartsfast.com/laminate-object-manufacturing-lom/>
- JOVANOVIC, V. M., BILGEN, O., ARCAUTE, K., AUDETTE, M. A., & DEAN, A. W. (2017). *Active duty training for support of navy's additive manufacturing strategy*. American society for Engineering Education.

- KELLNER, T. (2017). *An Epiphany Of Disruption: GE Additive Chief Explains How 3D Printing Will Upend Manufacturing*. 2017. Retrieved from <https://www.ge.com/reports/epiphany-disruption-ge-additive-chief-explains-3d-printing-will-upend-manufacturing/>
- KENNEY, M. E. (2013). Cost Reduction through the Use of Additive Manufacturing (3D Printing) and Collaborative Product Lifecycle Management Technologies to Enhance the Navy's Maintenance Programs. *Naval Post*. Retrieved from <http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA591795>
- KOSLOW, T. (2017). 3D Printed House - World's 35 Greatest 3D Printed Structures | All3DP. Retrieved December 20, 2017, from <https://all3dp.com/1/3d-printed-house-homes-buildings-3d-printing-construction/>
- KRUCHKIN, A. (2016). Innovation in Creation: Demand Rises While Prices Drop for 3D Printing Machines. Retrieved August 7, 2018, from <https://www.manufacturingtomorrow.com/article/2016/02/innovation-in-creation-demand-rises-while-prices-drop-for-3d-printing-machines/7631>
- KUCKELHAUS, M., & YEE, P. M. (2016). 3D Printing and the Future of Supply Chains. Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation. Retrieved from http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_trendreport_3dprinting.pdf
- KURDIAN, A. (2016). Implications of the AM for the Navy Supply Chain. *Defense AT&L*, (December), 58–64.
- LOUGHBOROUGH UNIVERSITY. (n.d.-a). Binder Jetting. Retrieved February 4, 2018, from <http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/binderjetting/>
- LOUGHBOROUGH UNIVERSITY. (n.d.-b). Directed Energy Deposition. Retrieved February 5, 2018, from <http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/directedenergydeposition/>
- LOUGHBOROUGH UNIVERSITY. (n.d.-c). Material Extrusion. Retrieved February 5, 2018, from <http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/materialextrusion/>

g/materialextrusion/

LOUGHBOROUGH UNIVERSITY. (n.d.-d). Material Jetting. Retrieved February 5, 2018, from <http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/materialjetting/>

LOUGHBOROUGH UNIVERSITY. (n.d.-e). Powder Bed Fusion. Retrieved February 5, 2018, from <http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/powderbedfusion/>

LOUGHBOROUGH UNIVERSITY. (n.d.-f). Sheet Lamination. Retrieved February 5, 2018, from <http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/sheetlamination/>

LOUGHBOROUGH UNIVERSITY. (n.d.-g). VAT photopolymerisation. Retrieved February 5, 2018, from <http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/vatphotopolymerisation/>

LOUIS, M. J., SEUMOUR, T., & JOYCE, J. (2014). 3D opportunity in the Department of Defense: Additive manufacturing fires up. *Deloitte University Press*.

LYON, K., & MANNERS-BELL, J. (2012). The implications of 3D printing for the global logistics industry. *Transport Intelligence*, 1–6.

MARCHESE, K., CRANE, J., & HARLEY, C. (2015). 3D opportunity for the supply chain: Additive manufacturing delivers. *Deloitte University Press*.

MIND TOOLS TEAM. (n.d.). Porter's Value Chain - Strategy Skills. Retrieved August 12, 2018, from https://www.mindtools.com/pages/article/newSTR_66.htm

MOHR, S., & KHAN, O. (2015). 3D Printing and supply chains of the future. In *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL) – 20* (Vol. 5, pp. 148–174). Hamburg. Retrieved from <http://timreview.ca/article/942>

MOLITCH-HOU, M. (2016). Under the Hood: BMW Talks In-House 3D Printing > ENGINEERING.com. Retrieved December 21, 2017, from <https://www.engineering.com/PLMERP/ArticleID/12856/Under-the-Hood-BMW-Talks-In-House-3D-Printing.aspx>

- Moore, T. A. (2018). *Evaluating the augmentation of army resupply with additive manufacturing in a deployed environment*. North Carolina State University.
- MURPHY, T., GRAY, H., & COTTELEER, M. (2015). 3D opportunity for the future: Industry participants speak out. *Deloitte Review*, (17).
- MX3D. (n.d.). MX3D Bridge. Retrieved August 3, 2018, from <http://mx3d.com/projects/bridge-2/>
- NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND. (2017). Naval Sea Systems Command: Print the Fleet. Retrieved January 10, 2018, from <http://www.navsea.navy.mil/Home/Warfare-Centers/NSWC-Dahlgren/What-We-Do/Print-The-Fleet/>
- NIKHIL, A. (n.d.). 3D Printing Processes - Sheet Lamination. Retrieved August 3, 2018, from <https://www.engineersgarage.com/articles/3d-printing-processes-sheet-lamination>
- ORLANDO, F. (2013). Gartner Reveals Top Predictions for IT Organizations and Users for 2014 and Beyond. Retrieved March 13, 2018, from <https://www.gartner.com/newsroom/id/2603215>
- PELLS, J. (2017). 3D Printing in the Military. Retrieved February 26, 2018, from <https://3dprint.com/165561/3d-printing-in-the-military/>
- PORT TECHNOLOGY. (2017). Maersk Plan 3D Printing Aboard Ships. Retrieved December 21, 2017, from https://www.porttechnology.org/news/maersk_plan_3d_printing_around_ships
- PORTER, M. E. (1985). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. (T. F. Press, Ed.) (1st ed.). New York.
- PWC. (2017). Running 3-D printing operations at scale. Retrieved May 1, 2018, from <http://usblogs.pwc.com/emerging-technology/shapeways-3d-printing-operations-at-scale/>
- QUIVY, R., & CAMPENHOUDT, L. Van. (2013). *Manual de investigação em ciências sociais*. (G. Valente, Ed.), *Trajectos* (6th ed.). Lisboa: gradiva. Retrieved from <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf%5Cnhttp://www.fep.up.pt/docentes/joao/material/manualinvestig.pdf>
- Redwood, B. (n.d.). Additive Manufacturing Technologies: An Overview. Retrieved August 3, 2018, from <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/additive-manufacturing-technologies-overview#material-extrusion>

- Sarmento, N. (2018). *Entrevista pessoal*.
- SCULPTEO. (n.d.). Binder Jetting Metal Technology for 3D Printing. Retrieved August 3, 2018, from <https://www.sculpteo.com/en/materials/binder-jetting-material/>
- SEMIDE, C. (2018). *Entrevista pessoal*.
- SITTHI-AMORN, P., RAMOS, J. E., WANG, Y., KWAN, J., LAN, J., WANG, W., & MATUSIK, W. (2015). MultiFab: A Machine Vision Assisted Platform for Multi-material 3D Printing. Retrieved January 8, 2018, from <http://cfg.mit.edu/content/multifab-machine-vision-assisted-platform-multi-material-3d-printing>
- SOUSA, J. (2018). *Entrevista pessoal*. Lisboa.
- STOCKHOLD INTERNATIONAL PEACE RESEARCH INSTITUTE. (2016). Military expenditure (% of GDP). Retrieved January 10, 2018, from <https://data.worldbank.org/indicator/MS.MIL.XPND.GD.ZS?locations=US>
- STRATASYS. (2015). Trend forecast: 3D Printing's imminent impact on manufacturing.
- TADJDEH, Y. (2014). Navy Beefs Up 3D Printing Efforts With New "Print the Fleet" Program. *National Defense*, 99(731), 24–26. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=98611965&lang=pt-br&site=ehost-live>
- THEWIHSEN, F., KAREVSKA, S., CZOK, A., PATEMAN-JONES, C., & KRAUSS, D. (2016). *If 3D printing has changed the industries of tomorrow, how can your organization get ready today?* Retrieved from [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-3d-printing-report/\\$FILE/ey-3d-printing-report.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-3d-printing-report/$FILE/ey-3d-printing-report.pdf)
- TOFAIL, S. A. M., Koumoulos, E. P., Bandyopadhyay, A., Bose, S., Donoghue, L. O., & Charitidis, C. (2017). Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities. *Materials Today*, 00(00). <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2017.07.001>
- UPS, & CONSUMER TECHNOLOGY ASSOCIATION. (2016). 3D Printing The Next Revolution in Industrial Manufacturing.
- VAN VLIET, V. (2010). Porter's Value Chain Analysis. Retrieved March 12, 2018, from <https://www.toolshero.com/management/value-chain-analysis-porter/>
- WIDMER, M., & RAJAN, V. (2016). 3D opportunity for intellectual property risk:

Additive manufacturing stakes its claim. *Deloitte University Press*.

WIGGERS, K. (2015). Disney Research and Carnegie Mellon 3D Print Fabric. Retrieved May 1, 2018, from <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/disney-3d-printer-fabric/>

WOHLERS, T., & DIEGEL, O. (2017). *Woblers report 2017 service provider survey results*.

ZENG, Q., XU, Z., TIAN, Y., & QIN, Y. (2016). Progress of the Modelling of a Direct Energy Deposition Process in Additive Manufacturing. Retrieved from https://pure.strath.ac.uk/portal/files/53263709/Zeng_et_al_ICMR2016_progress_modelling_direct_energy_deposition_process_additive_manufacturing.pdf

5. Anexos

Anexo A – Vantagens e desvantagens por tipo de obtenção

Produção centralizada		Produção descentralizada		Outsourcing	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
Custos produtivos mais reduzidos.	Não é produzido junto ao cliente.	Maior proximidade ao cliente.	Elevado custo na obtenção de competências em vários locais.	Permite à organização concentrar-se no seu <i>core business</i> .	Risco de expor informação confidencial.
Menos erros de manufatura.	Não motiva os utilizadores finais.	Melhor informação sobre as necessidades.	Não recorre a pessoal altamente qualificado e experiente.	Maior experiência na área.	Maior demora na obtenção do produto, por parte do cliente.
Maior confidencialidade.	Não permite personalização das peças.	Maior motivação dos utilizadores.		Reduz custos operacionais e de pessoal.	
Maior precisão e qualidade.		Maior flexibilidade.		Não necessita de investimento em equipamentos.	
Melhores capacidades de armazenamento.		Aumenta a responsabilidade dos utilizadores.			
Melhor utilização dos recursos.					
Produção consistente.					

Tabela 5: Resumo de vantagens e desvantagens por tipo de obtenção.

Anexo B – Cadeia de valor de Porter

A vantagem competitiva de uma organização não consegue ser percebida olhando para esta como um todo pois, esta é gerada através de muitas atividades discretas que a organização possui e, deste modo, a cadeia de valor é uma ferramenta que desagrega as atividades estrategicamente relevantes de uma organização (Porter, 1985).

Desta forma, a cadeia de valor apresentada na Figura 24 é utilizada nesta dissertação de modo a compreender quais os impactos que a impressão 3D poderá trazer nas atividades estrategicamente relevantes da Marinha.

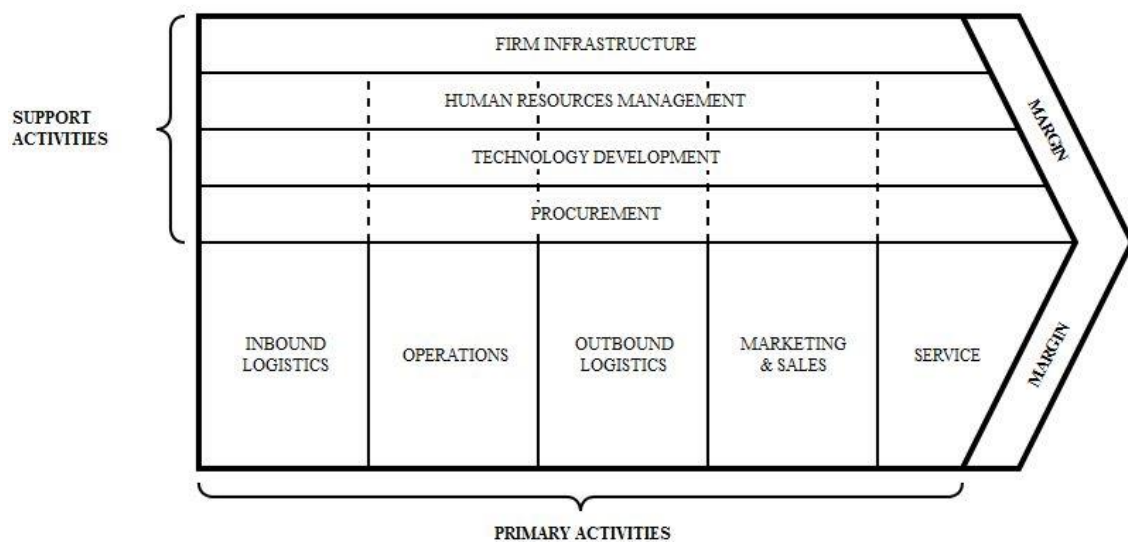


Figura 24: Cadeia de valor.

Retirado de Porter (1985).

As atividades traduzidas na cadeia de valor podem ser divididas entre atividades de suporte e atividades primárias, sendo que primeiramente serão abordadas as atividades de suporte e, posteriormente as atividades primárias.

Neste anexo é efetuada também uma análise sobre as diversas atividades estrategicamente relevantes, tal como alguns dos seus impactos no setor da defesa, visto este anexo possuir um contexto mais generalizado e, no capítulo 2.3.1, estar especificamente interligado com os tipos de obtenção.

Atividades de Suporte

a) Infraestruturas organizacionais

As infraestruturas referem-se a um número de atividades na organização que permitem a manutenção das operações diárias, como por exemplo o planeamento, finanças, contabilidade, legalidade e gestão geral da organização (Porter, 1985; Van Vliet, 2010).

A impressão 3D pode mudar as estruturas organizacionais, sendo que as estruturas que se mostram de maior relevância são o planeamento, a legalidade, os sistemas de controlo e a estrutura organizacional (Mind Tools team, n.d.).

O maior desafio nesta área é a questão legal e, esta sim deverá ser considerada com bastante prudência. As abordagens para a adoção de impressão 3D necessitam de ter este aspeto em consideração, sendo um claro exemplo, o dos *United States Marine Corps* (USMC) que começou a sua produção em 3D com produtos do tipo consumíveis e obsoletos visto que, estes não encontram problemas de propriedade intelectual ou outros similares (Daugherty, 2017).

Outras opções poderão passar pela compra dos desenhos ao OEM e produção com a autorização deste pagando por exemplo *royalties*³², utilizando serviços como os oferecidos pela 3DTrust que fornece soluções da informação digital encriptada dos dados de produção para impressoras em qualquer localização.

Indiscutivelmente, a impressão 3D terá grandes impactos nos mercados mundiais, tendo tido previsões de poder ascender até uma perda de 100 mil milhões de dólares no ano de 2018 apenas em propriedade intelectual (Orlando, 2013) mas, segundo John Hornick citado em Appleton (2014), à medida que a democratização do *design* e da produção sai do controlo do produtor inicial, os problemas de propriedade intelectual serão cada vez mais irrelevantes (Appleton, 2014).

Os outros aspetos relativos às estruturas organizacionais são alterados dependendo do tipo de adoção que a organização opte por englobar como será apresentado no capítulo 2.3.1.1.

³² Neste caso, o *royalty* é um preço pago pelo utilizador da propriedade digital, ou seja, o pagamento pelo ficheiro cada vez que a peça é produzida.

b) Gestão de recursos humanos

A gestão dos recursos humanos consiste em atividades como o recrutamento, a contratação, o treino e formação, tal como os aspetos de retenção do pessoal (Porter, 1985).

A impressão 3D é uma tecnologia, cuja existência de operadores qualificados é diminuta e, segundo Murphy et al., existe falta de oferta da força trabalhadora destas tecnologias para o desenvolvimento que esta apresenta (Jovanovic et al., 2017; Murphy et al., 2015).

Visto que a população proficiente em tecnologia de produção aditiva é reduzida, considera-se que é ainda menor no setor militar, sendo, deste modo, necessária formação prévia do pessoal, de modo a estarem despertos para funcionar com esta tecnologia e, pertencerem à mudança do método como o abastecimento naval é processado na atualidade (Appleton, 2014; Carmo, 2018).

As soluções podem passar pela criação de projetos de formação para o pessoal da Marinha, sendo um exemplo da aplicação destas formações é a realização do projeto “*Creating the Fleet Maker*”. Estes *workshops* duram dois dias e tem três objetivos principais (Audette et al., 2017):

- Envolver os militares num “*Maker environment*”³³ providenciando as ferramentas necessárias para o desenvolvimento de peças produzidas em impressão 3D para manutenção a bordo;
- Reduzir o tempo de inoperacionalidade dos sistemas e subsistemas navais;
- Providenciar um programa formativo e educacional para suportar o programa PTF.

A falta de experiência na tecnologia da produção aditiva na organização é um desafio que se revela uma barreira para a sua adoção, tal como demonstrado pelo estudo realizado pela EY³⁴, que revela que 28% das organizações entrevistadas, identifica a aquisição da experiência como uma barreira para a aplicação sustentável da impressão 3D (Ernst & Young, 2016).

³³ O *Maker environment* é entendido como o ambiente em que os militares criam as próprias peças que vão utilizar para ações de manutenção e reparação, criando assim um sentido de posse, tal como um aumento da sua produtividade e motivação (Audette et al., 2017)

³⁴ O estudo em causa foi realizado pela EY em cooperação com a *Valid Research*, este utilizou uma amostra de 900 empresas de diferentes categorias, de 12 países pertencentes a nove indústrias diferentes. Este estudo teve como objetivo compreender os níveis atuais de adoção da tecnologia, tal como tendências futuras.

Para além deste facto, em qualquer organização, a resistência à mudança é sempre um obstáculo a ser ultrapassado e, nas forças armadas este é um grande desafio, sendo, deste modo, a melhor abordagem a toma de pequenos passos demonstrativos das capacidades da tecnologia, de forma a convencer e, a alterar o pensamento conservador (Appleton, 2014; Fey, 2017; Louis et al., 2014).

A Marinha, como qualquer outra organização, especialmente na área da defesa, é conservadora mas, segundo a Diretiva Estratégica da Marinha de 2018, o Almirante Chefe do Estado-Maior da Armada identifica a reflexão como sendo um fator de sucesso para alcançar os objetivos que propõe, sendo que esta identifica a “abertura dos nossos espíritos à inovação, para podermos identificar respostas mais eficazes e eficientes para os desafios que se perfilam no horizonte” (Calado, 2018).

Este fator indica uma abertura da organização para a possibilidade de integração de novas tecnologias que, possuindo provas que consegue responder eficazmente e eficientemente às necessidades da organização, será facilmente aceite e integrada nos processos normais (Carmo, 2018).

Assim, o pessoal deve ser um aspeto altamente relevante a considerar. Enquanto organização a Marinha depende essencialmente das pessoas que a constituem e, como tal, na implementação do *framework* de adoção, esta deverá ser uma das componentes com elevada preponderância.

c) Desenvolvimento tecnológico

O desenvolvimento tecnológico consiste num conjunto de atividades que podem ser agrupadas em esforços conjuntos para melhorar quer os produtos, quer os processos (Porter, 1985).

A impressão 3D é uma tecnologia que altera o processo tradicional de manufatura, a produção aditiva consegue trazer diversas vantagens e, melhorar, os produtos e processos.

Existem inúmeros exemplos de vantagens que a impressão 3D consegue trazer quer para os produtos, quer para os processos, como o caso da *Timberland* que conseguiu reduzir os tempos de *design* de uma sola de uma semana para apenas 90 minutos, melhorando assim o seu processo de design, ou a capacidade de formação de liberdade da geometria, como por exemplo a não linearidade de furos, entre outros (Buonafede, 2017).

As atividades que são relacionadas com desenvolvimento tecnológico criam valor para uma organização utilizando inovação e otimização da mesma. Por esta mesma razão, será abordado, em cada tipo de obtenção, as vantagens que o desenvolvimento poderá trazer para a Marinha, em especial, para as cadeias de abastecimento.

d) Procurement

O *procurement* refere-se à função de comprar *inputs*, e não aos inputs comprados especificamente, ou seja, não se refere à máquina, à consultadoria, às matérias-primas compradas, mas sim ao processo de as adquirir, como a relação com fornecedores, a negociação de preços e os acordos com clientes (Porter, 1985; Van Vliet, 2010).

No âmbito desta dissertação, irá ser abordada esta função e, também os *inputs* comprados, apesar de estes não serem aqui englobados e estarem em todas as atividades, devido à grande relevância da alteração que estes possuem utilizando a impressão 3D.

A função de *procurement* torna uma preponderância mais ou menos importante dependendo do tipo de obtenção efetuado. No capítulo 2.3.1.1.4 serão abordados os tipos considerados e, apresentadas as diferenças neste âmbito.

A introdução da impressão 3D numa organização altera em larga escala os *inputs*, esta deixa de comprar peças para constituição de *stocks* mas começa a adquirir matérias-primas como por exemplo filamentos ou metal em pó. A alteração das compras permite atingir economias de escala visto que, por exemplo, um tipo de metal em pó permite construir uma variedade de peças, ao mesmo tempo que consegue reduzir os custos, obter as peças mais rapidamente e, atingir uma maior satisfação do cliente.

Atividades Primárias

e) Logística de entrada

As atividades de logística de entrada baseiam-se na recepção, armazenagem e distribuição de *inputs*, sejam estas matérias-primas, ou outros materiais utilizados nos produtos ou serviços (Porter, 1985; Van Vliet, 2010).

A organização deixa de ter a necessidade de comprar peças ou peças semiacabadas, comprando sim pós, filamentos, líquidos ou ficheiros digitais. Tais mudanças permitem uma redução da necessidade de constituir *stocks*, essencialmente em produtos mais velhos ou descontinuados (Buonafede, 2017; Thewissen et al., 2016).

f) Operações

As operações são atividades associadas com a transformação dos *inputs* em produtos finais, podendo nestas ser englobados o empacotamento, montagem, manutenção de equipamentos, testes, entre outras (Porter, 1985).

Visto que a capacidade produtiva não faz parte do *core business* da Marinha, nem depende dela para a realização dos seus objetivos, as operações podem ser, ou não, um aspeto fundamental a ser desenvolvido, dependendo da abordagem, como será apresentado no capítulo 2.3.1.2.

g) Logística de saída

A logística de saída baseia-se em todas as atividades que contribuem para a entrega dos bens aos clientes (Porter, 1985; Van Vliet, 2010).

A logística de saída apresenta-se como um fator bastante importante na Marinha visto que a organização depende desta para conseguir manter os seus serviços e atividades a funcionar plenamente. Dependendo do método de obtenção baseado em produção aditiva escolhido, a logística de saída será variável, como será apresentado no capítulo 2.3.1.2

h) *Marketing* e vendas

Marketing e vendas são atividades que providenciam aos clientes meios para que estes possam comprar os produtos, tal como as relações com os próprios clientes (Porter, 1985; Van Vliet, 2010).

O *marketing* e vendas, devido à especificidade da Marinha, não possuem um grande impacto, pois os clientes que irão usufruir da aplicação da impressão 3D estão dentro da própria organização.

i) Serviços

Os serviços são atividades que mantêm o valor dos produtos ou serviços aos clientes, como por exemplo a instalação, a reparação, o treino, o fornecimento de peças, entre outros (Porter, 1985).

Os serviços também irão ser afetados em grande escala, dependendo do método de obtenção que for considerado, sendo os impactos abordados no capítulo 2.3.1.2.

Anexo C – Framework de adoção

